



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKRIPSI - ME 141501

ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA KAPAL ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY (AHTS) DENGAN DYNAMIC POSITIONING SYSTEM

RIFQI ALFARISI RAMLI
NRP 0421 14 40 000009

Dosen Pembimbing
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



SKRIPSI - ME 141501

**ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA SISTEM
KELISTRIKAN KAPAL ANCHOR HANDLING TUG
SUPPLY (AHTS) DENGAN DYNAMIC POSITIONING
SYSTEM**

RIFQI ALFARISI RAMLI
NRP 0421144000009

Dosen Pembimbing

Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - ME 141501

**TRANSIENT STABILITY ANALYSIS ON
ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY (AHTS)
VESSEL ELECTRICAL SYSTEM WITH DYNAMIC
POSITIONING SYSTEM**

RIFQI ALFARISI RAMLI
NRP 0421144000009

Supervisors

Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA SISTEM KELISTRIKAN KAPAL ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY (AHTS) DENGAN DYNAMIC POSITIONING SYSTEM

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Rifqi Alfarisi Ramli
NRP 0421 14 40 000009

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
NIP. 196003191987011001
2. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.
NIP. 197903272003121001



SURABAYA
Juli, 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA SISTEM KELISTRIKAN KAPAL ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY (AHTS) DENGAN DYNAMIC POSITIONING SYSTEM

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Rifqi Alfarisi Ramli

NRP 0421 14 40 000009

Disetujui Oleh:

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN PADA SISTEM KELISTRIKAN KAPAL ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY (AHTS) DENGAN DYNAMIC POSITIONING SYSTEM

Nama Mahasiswa : Rifqi Alfarisi Ramli
NRP : 04211440000009
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
2. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc,

ABSTRAK

Penambahan *dynamic positioning system* pada kapal bantu *offshore* menyebabkan pemasangan *bow thruster* yang memiliki daya besar. Kondisi pekerjaan di lapangan yang tidak menentu menyebabkan pembebanan yang tidak menentu pula. Kondisi ini menyebabkan adanya penambahan dan pengurangan beban yang signifikan sehingga dapat mengganggu kestabilan sistem kelistrikan. Fenomena ini disebut dengan fenomena transien sehingga studi tentang kestabilan transien sistem perlu dilakukan.

Perubahan pada konfigurasi sistem kelistrikan dan pelepasan beban adalah sedikit dari banyak cara untuk menjaga kestabilan sistem. Cara-cara ini dilakukan agar dapat menyeimbangkan daya mekanis yang dikeluarkan generator dengan kebutuhan beban. Selain itu perubahan konfigurasi juga memberikan kesempatan untuk menemukan konfigurasi terbaik dalam penghematan penggunaan generator di kapal.

Menggunakan metode simulasi, dilakukan beberapa perubahan konfigurasi dan didapatkan hasil bahwa konfigurasi *closed bus* 2 generator thruster dan 2 diesel generator memiliki kestabilan sistem yang sangat baik yang mampu mencapai kondisi stabil dengan pembebanan 110% pada masing-masing *bow thruster*. Sedangkan konfigurasi *closed bus* 1 generator thruster dan 2 diesel generator memberikan kesempatan untuk mengistirahatkan 1 generator thuster sehingga dapat menghemat pemakaian. Akan tetapi kestabilan sistem pada konfigurasi ini dapat ditingkatkan lagi dengan melakukan pelepasan beban.

Kata Kunci : *Dynamic Positioning System*, Kestabilan Transien, Konfigurasi Sistem, Pelepasan Beban.

Halaman ini sengaja dikosongkan

TRANSIENT STABILITY ANALYSIS ON ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY (AHTS) VESSEL ELECTRICAL SYSTEM WITH DYNAMIC POSITIONING SYSTEM

Student Name : Rifqi Alfarisi Ramli
NRP : 04211440000009
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisors : 1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
2. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc,

ABSTRACT

The addition of dynamic positioning system on offshore auxiliary vessels leads to the installation of a large powered bow thruster. Unpredictable fieldwork conditions lead to uncertain loading. This condition causes the addition and reduction of significant loads that can disrupt the stability of the electrical system. This phenomenon is called a transient phenomenon so a study of transient stability of the system needs to be done.

Changes in electrical system configuration and load shedding scheme are just a few of the many ways to maintain electrical system stability. This method is done in order to balance the generator mechanical power generated with the load needs. Additionally the configuration changes also provide an opportunity to find the best configuration in saving the use of generators on board.

Using the simulation method, some configuration changes were made and the result was that the closed bus of 2 generator thruster and 2 diesel generator configurations have excellent stability that can reach stable conditions with 110% loading on each bow thruster. While the closed bus configuration of 1 thruster generator and 2 diesel generator provides an opportunity to rest 1 generator thruster to save generator usage. However, the stability of this configuration can be improved by conducting a load shedding scheme.

Keywords : dynamic positioning system, transient stability, system configuration, load shedding.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Penulis tidak henti-hentinya bersyukur kepada Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat-Nya dalam bentuk kekuatan, kesehatan, kesabaran, dan kempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Kestabilan Transien pada Sistem Kelistrikan Kapal *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) dengan *Dynamic Positioning System*” sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik pada bidang studi Listrik Kapal dan Otomasi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak berjasa dalam penyelesaian laporan ini, diantaranya:

1. Orang tua penulis, Bapak Jefrianto dan Ibu Hendriati dan juga adik penulis, Tsamara Zakiyyah Ramli yang selalu memberikan dukungan penuh terhadap penulis sehingga mampu meringankan beban penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
2. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. dan Bapak Indra Ranu Kusuma S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan motivasi selama proses pengerjaan.
3. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil. selaku Dosen Wali yang telah membimbing dan membantu penulis selama menempuh perkuliahan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS.
4. Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS yang telah mengajarkan ilmu dan memberikan motivasi selama perkuliahan.
5. Teman yang penulis hormati, Alfredo Mohede yang sudah mengajarkan untuk selalu melihat dunia dari dua sisi yang berbeda.
6. Senior penulis, Daidy Setiawan, ST. juga Bapak-Bapak di CNOOC SES Ltd. yang telah membuka pikiran penulis untuk melakukan penelitian ini.
7. Rekan saya dalam pengerjaan tugas akhir ini, Yose dan Daniel, yang telah bersama-sama mulai dari merumuskan judul penelitian sampai dengan penyelesaiannya.
8. Teman-teman seataap penulis selama berkuliah di Surabaya, Vando, Fathan, Dika, Fariz, Taufiq, Dola, Mufid, Wahyu, dan Nandes.
9. Teman-teman Perumdol, yang selalu ada untuk penulis di saat senang dan susah mulai dari awal perkuliahan semester pertama sampai dengan saat kita mengerjakan tugas akhir masing-masing.
10. Teman-teman Mercusuar 2014 yang telah membuat penulis merasa seperti berada di rumah saat menempuh perkuliahan di perantauan.
11. Chessy Meurilla Anggiani, yang selalu menemani dan mendukung penulis dari masa SMA sampai dengan tugas akhir ini selesai.
12. Seluruh pihak yang tidak bisa dicantumkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis memahami bahwa tugas akhir ini masih belum dapat dikatakan sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan diri di masa depan. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini bermanfaat untuk pembaca, rekan-rekan mahasiswa dan untuk perkembangan penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR, GRAFIK, DAN DIAGRAM	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix

BAB I

PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat.....	2

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 AHTS (<i>Anchor Handling Tug Supply</i>) Vessel.....	3
2.2 <i>Dynamic Positioning System</i>	4
2.2.1 Prinsip Kerja <i>Dynamic Positioning System</i>	5
2.2.2 Elemen dari <i>Dynamic Positioning System</i>	6
2.2.3 Sistem Propulsi	7
2.2.4 Klasifikasi <i>Dynamic Positioning System</i>	7
2.2.5 Mode Operasi <i>Dynamic Positioning System</i>	8
2.3 Sistem Kelistrikan Kapal.....	9
2.3.1 Sistem Kelistrikan pada Kapal dengan DP	10
2.3.2 Perubahan Peraturan berdasarkan MARPOL	12
2.4 Klasifikasi Kestabilan	12
2.4.1 Kestabilan Tegangan.....	13
2.4.2 Kestabilan Frekuensi	13
2.4.3 Kestabilan Sudut Rotor	14
2.5 Kestabilan Transien	14
2.6 Persamaan Terkait Kestabilan Transien.....	16
2.7 Standar yang Berkaitan dengan Kestabilan Transien	17
2.7.1 Standar Frekuensi.....	18
2.7.2 Standar Tegangan.....	18
2.7.3 Standar Tegangan Menurut Klasifikasi	19
2.8 Pelepasan Beban.....	20

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	22
3.2 Studi Literatur	22
3.3 Pengumpulan Data.....	22

3.4	Pemodelan Sistem.....	22
3.5	Simulasi Gangguan Transien	22
3.6	Validasi	23
3.7	Kesimpulan	23
BAB IV		
ANALISIS DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Data Kapal AHTS BNI Castor	25
4.2	Spesifikasi Komponen Kelistrikan AHTS BNI Castor	25
4.3	Single Line Diagram AHTS BNI Castor	26
4.4	Perencanaan Studi Kasus Simulasi Gangguan Transien	28
4.4.1	Konfigurasi <i>Split plant</i> (2 Generator Thruster).....	28
4.4.2	Konfigurasi <i>closed bus</i> 2 Generator Thruster	29
4.4.3	Konfigurasi <i>split plant</i> (1 generator thruster)	29
4.4.4	Konfigurasi <i>Closed bus</i> 2 Generator Thruster, 1 Diesel Generator	30
4.4.5	Konfigurasi <i>Closed bus</i> 2 Generator Thruster, 2 Diesel Generator	30
4.4.6	Konfigurasi <i>Closed bus</i> 1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator	31
4.4.7	Konfigurasi <i>closed bus</i> 1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator dengan <i>Load Shedding</i>	31
4.5	Hasil Simulasi Kestabilan Transien	32
4.5.1	Konfigurasi <i>Split plant</i> (2 Generator Thruster).....	32
4.5.2	Konfigurasi <i>closed bus</i> 2 Generator Thruster	38
4.5.3	Konfigurasi <i>Split plant</i> (1 Generator Thruster).....	42
4.5.4	Konfigurasi <i>Closed bus</i> 2 Generator Thruster, 1 Diesel Generator	46
4.5.5	Konfigurasi <i>Closed bus</i> 2 Generator Thruster, 2 Diesel Generator	51
4.5.6	Konfigurasi <i>closed bus</i> 1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator	55
4.5.7	Konfigurasi <i>closed bus</i> 1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator dengan <i>Load Shedding</i>	59
4.6	Perbandingan Respon Tegangan dan Respon Frekuensi Sistem Tanpa Pelepasan beban dan dengan Pelepasan Beban.....	63
4.7	Rangkuman	66
BAB V		
KESIMPULAN DAN SARAN.....		71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN		75
LAMPIRAN A.....		75
LAMPIRAN B.....		143
BIOGRAFI PENULIS		147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kapal AHTS	3
Gambar 2. 2 Diagram skematik dari sistem kerja DP.	4
Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Dynamic Positioning System	5
Gambar 2. 4 Diagram Skematik DP Class 2.....	6
Gambar 2. 5 Layout Thruster Kapal dengan DP System	7
Gambar 2. 6 Diagram Sistem Kelistrikan Kapal	10
Gambar 2. 7 Konfigurasi <i>Closed bus</i>	11
Gambar 2. 8 Klasifikasi kestabilan sistem tenaga.....	13
Gambar 2. 9 Faktor Mekanis pada Generator	15
Gambar 2. 10 Perilaku Generator Saat Tejadi Gangguan	15
Gambar 2. 11 Blok Diagram Speed Governing	17
Gambar 2. 12 Standar Frekuensi pada Sistem Kelistrikan	18
Gambar 2. 13 Standar Voltage Dips	19
Gambar 2. 14 Batas Frekuensi dan Tegangan Menurut ABS	20
 Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian	 21
 Gambar 4. 1 Kapal AHTS BNI Castor	 25
Gambar 4. 2 Single Line Diagram kapal AHTS BNI Castor	27
Gambar 4. 3 Penggambaran Single Lime Diagram menggunakan software simulasi ...	28
 Grafik 4. 1 Respon Tegangan Skenario 1 Variasi 1	 33
Grafik 4. 2 Respon Frekuensi Skenario 1 Variasi 1	33
Grafik 4. 3 Respon Tegangan Skenario 1 Variasi 2.....	34
Grafik 4. 4 Respon Frekuensi Skenario 1 Variasi 2.....	35
Grafik 4. 5 Respon Tegangan Skenario 1 Variasi 3.....	35
Grafik 4. 6 Respon Frekuensi Skenario 1 Variasi 3.....	36
Grafik 4. 7 Respon Tegangan Skenario 1 Variasi 4.....	37
Grafik 4. 8 Respon Frekuensi Skenario 1 Variasi 4.....	37
Grafik 4. 9 Respon Tegangan Skenario 2 Variasi 1	38
Grafik 4. 10 Respon Frekuensi Skenario 2 Variasi 1	39
Grafik 4. 11 Respon Tegangan Skenario 2 Variasi 2	39
Grafik 4. 12 Respon Frekuensi Skenario 2 Variasi 2	40
Grafik 4. 13 Respon Tegangan Skenario 2 Variasi 3	40
Grafik 4. 14 Respon Frekuensi Skenario 2 Variasi 3	41
Grafik 4. 15 Respon Tegangan Skenario 2 Variasi 4.....	41
Grafik 4. 16 Respon Frekuensi Skenario 2 Variasi 4.....	42
Grafik 4. 17 Respon Tegangan Skenario 3 Variasi 1	43
Grafik 4. 18 Respon Frekuensi Skenario 3 Variasi 1	43
Grafik 4. 19 Respon Frekuensi Skenario 3 Variasi 2.....	44
Grafik 4. 20 Respon Frekuensi Skenario 3 Variasi 2.....	44
Grafik 4. 21 Respon Tegangan Skenario 3 Variasi 3	45

Grafik 4. 22 Respon Frekuensi Skenario 3 Variasi 3	46
Grafik 4. 23 Respon Tegangan Skenario 4 Variasi 1	46
Grafik 4. 24 Respon Frekuensi Skenario 4 Variasi 1	47
Grafik 4. 25 Respon Tegangan Skenario 4 Variasi 2	47
Grafik 4. 26 Respon Frekuensi Skenario 4 Variasi 2	48
Grafik 4. 27 Respon Tegangan Skenario 4 Variasi 3	49
Grafik 4. 28 Respon Frekuensi Skenario 4 Variasi 3	49
Grafik 4. 29 Respon Tegangan Skenario 4 Variasi 4	50
Grafik 4. 30 Respon Frekuensi Skenario 4 Variasi 4	50
Grafik 4. 31 Respon Tegangan Skenario 5 Variasi 1	51
Grafik 4. 32 Respon Frekuensi Skenario 5 Variasi 1	52
Grafik 4. 33 Respon Tegangan Skenario 5 Variasi 2	52
Grafik 4. 34 Respon Frekuensi Skenario 5 Variasi 2	53
Grafik 4. 35 Respon Tegangan Skenario 5 Variasi 3	53
Grafik 4. 36 Respon Frekuensi Skenario 5 Variasi 3	54
Grafik 4. 37 Respon Tegangan Skenario 5 Variasi 4	55
Grafik 4. 38 Respon Frekuensi Skenario 5 Variasi 4	55
Grafik 4. 39 Respon Tegangan Skenario 6 Variasi 1	56
Grafik 4. 40 Respon Frekuensi Skenario 6 Variasi 1	56
Grafik 4. 41 Respon Tegangan Skenario 6 Variasi 2	57
Grafik 4. 42 Respon Frekuensi Skenario 6 Variasi 2	57
Grafik 4. 43 Respon Tegangan Skenario 6 Variasi 3	58
Grafik 4. 44 Respon Frekuensi Skenario 6 Variasi 3	59
Grafik 4. 45 Respon Tegangan Skenario 7 Variasi 1	60
Grafik 4. 46 Respon Frekuensi Skenario 7 Variasi 1	60
Grafik 4. 47 Respon Tegangan Skenario 7 Variasi 2	61
Grafik 4. 48 Respon Frekuensi Skenario 7 Variasi 2	61
Grafik 4. 49 Respon Tegangan Skenario 7 Variasi 3	62
Grafik 4. 50 Respon Frekuensi Skenario 7 Variasi 3	63
Grafik 4. 51 Perbandingan Respon Tegangan Antara Skenario 6 Beban 80%-80% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban	63
Grafik 4. 52 Perbandingan Respon Frekuensi Antara Skenario 6 Beban 80%-80% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban	64
Grafik 4. 53 Perbandingan Respon Tegangan Antara Skenario 6 Beban 85%-85% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban	64
Grafik 4. 54 Perbandingan Respon Frekuensi Antara Skenario 6 Beban 85%-85% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban	65
Grafik 4. 55 Perbandingan Respon Tegangan Antara Skenario 6 Beban 90%-90% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban	65
Grafik 4. 56 Perbandingan Respon Frekuensi Antara Skenario 6 Beban 90%-90% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban	66

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Variasi Pembebanan Skenario 1	29
Tabel 4. 2 Variasi Pembebanan Skenario 2	29
Tabel 4. 3 Variasi Pembebanan Skenario 3	29
Tabel 4. 4 Variasi Pembebanan Skenario 4	30
Tabel 4. 5 Variasi Pembebanan Skenario 5	30
Tabel 4. 6 Variasi Pembebanan Skenario 6	31
Tabel 4. 7 Variasi Pembebanan Skenario 7	31
Tabel 4. 8 Penjelasan Suplai dan Beban per Skenario	32
Tabel 4. 9 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 1 Bus C	66
Tabel 4. 10 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 1 Bus D	67
Tabel 4. 11 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 2	67
Tabel 4. 12 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 3	68
Tabel 4. 13 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 4	68
Tabel 4. 14 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 5	69
Tabel 4. 15 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 6	69
Tabel 4. 16 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 7	70

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dynamic Positioning (DP) adalah suatu sistem yang terdiri dari kumpulan peralatan serta sistem kontrol yang bekerja secara bersamaan guna menjaga posisi (*position keeping*) dari suatu kapal ataupun bangunan apung sesuai dengan ordinat yang telah di-input ke dalam sistem. *Dynamic Positioning System* biasanya terdiri dari *power system*, *thruster system*, dan juga *control system*.

Dewasa ini, banyak kapal dan bangunan apung telah menggunakan *dynamic positioning* untuk mempertahankan posisi dan juga untuk mengolah gerakan dari kapal dan bangunan apung tersebut. Sistem *dynamic positioning* ini biasanya digunakan pada kapal dan bangunan apung yang bekerja dalam lingkungan *offshore*, dikarenakan kondisi lingkungan kerja yang mengharuskan kapal ataupun bangunan apung untuk mampu mempertahankan posisinya melawan kondisi gelombang dan angin yang ada di lautan, dan juga pada kapal dan bangunan apung yang bekerja pada perairan dalam yang tidak memungkinkan untuk melakukan *mooring* maupun *anchoring*.

Pemasangan *dynamic positioning system* pada kapal mempengaruhi sistem kelistrikan kapal tersebut. Pemasangan komponen tentunya menambah beban yang harus disuplai oleh tenaga listrik, sehingga berdampak juga terhadap pemilihan pembangkit tenaga listrik pada kapal tersebut. Suatu pembangkit tenaga listrik di kapal harus mampu menyuplai seluruh beban di kapal secara kontinyu sehingga pemilihan generator dan konfigurasi sistem harus sangat diperhatikan.

Seiring majunya teknologi di bidang *dynamic positioning*, sistem kelistrikan kapal yang pada awalnya memakai konfigurasi *closed bus* divariasikan menjadi sistem *split plant* untuk mendukung redundansi pada *dynamic positioning system*. Konfigurasi *split plant* memungkinkan sistem untuk dapat mengisolasi kegagalan hanya pada satu bagian sistem, sedangkan konfigurasi *closed bus* memungkinkan sistem untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan generator karena pengoperasiannya mendekati *full load*. Penggunaan konfigurasi *split plant* sendiri ternyata menghasilkan emisi yang lebih banyak sehingga beberapa pihak mempertimbangkan untuk menggunakan konfigurasi *closed bus* pada kapal yang dilengkapi *dynamic positioning system*.

Kondisi di lapangan yang tidak sesuai dengan faktor lingkungan yang terlibat dapat menyebabkan suatu sistem mengalami kegagalan, terlebih pada kapal yang menggunakan konfigurasi *closed bus*. Kegagalan ini dapat diakibatkan oleh beberapa gangguan baik yang bersifat *short term* (transien) ataupun *interruption* yang memiliki waktu gangguan lebih lama. Suatu sistem kelistrikan rentan terhadap gangguan sehingga suatu sistem harus memiliki kemampuan untuk mempertahankan kondisi sinkronnya, kemampuan ini dinamakan kestabilan transien. Gangguan kestabilan transien ini dapat terjadi pada kapal yang dilengkapi dengan *dynamic positioning system* apabila terjadi kelebihan beban pada salah satu generator, *starting* pada motor, dan juga hubungan singkat pada komponen.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan beberapa simulasi untuk mengetahui apakah sistem dapat dioperasikan dalam beberapa konfigurasi berbeda yang memungkinkan untuk mengurangi jumlah pemakaian generator sebagai penyuplai daya pada kapal, juga

akan dilakukan analisis terhadap kestabilan transien sistem pada setiap konfigurasi yang disimulasikan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian, yaitu :

1. Melakukan pemodelan *single line diagram* sistem kelistrikan kapal AHTS pada perangkat lunak simulasi.
2. Melakukan simulasi perubahan konfigurasi sistem kelistrikan kapal AHTS.
3. Melakukan analisis kestabilan sistem kelistrikan pada masing-masing konfigurasi dan melakukan penilaian terhadap kestabilannya.
4. Melakukan usaha pencegahan ketika terjadi respon sistem tidak stabil.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu :

1. Menganalisis hanya sejauh *power system*, khususnya kelistrikan *thruster* kapal saat penggunaan *dynamic positioning system*.
2. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi.
3. Simulasi menggunakan modul *transient stability* di *software* simulasi.
4. Simulasi dilakukan dengan asumsi tidak ada koordinasi proteksi pada sistem.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pemodelan *single line diagram* sistem kelistrikan kapal dengan menggunakan perangkat lunak simulasi dan mendapatkan skenario konfigurasi sistem.
2. Melakukan penilaian terhadap kestabilan sistem pada masing-masing konfigurasi sistem kelistrikan kapal AHTS.
3. Mendapatkan cara untuk dapat memulihkan sistem pada saat terjadi gangguan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan rekomendasi untuk mencegah terjadinya gangguan transien pada sistem.
2. Mendapatkan cara untuk meningkatkan keandalan *dynamic positioning system*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 AHTS (*Anchor Handling Tug Supply*) Vessel

Kapal AHTS adalah salah satu jenis dari kapal yang berfungsi sebagai *offshore vessel*. Kapal ini memiliki tugas untuk membantu pekerjaan pendukung industri minyak dan gas lepas pantai, seperti pekerjaan memindahkan *platform* ataupun *barge* ke suatu posisi dengan cara *towing* ataupun *tugging*, membantu kapal *tanker* untuk bertambat, mengantarkan *supply* maupun *crew* ke platform, dan bahkan untuk keperluan khusus kapal ini bisa difungsikan untuk melakukan pekerjaan *cable laying*, *pipe laying*, dan juga *diving vessel*. (Ritchie, 2008)

Berbeda dengan kapal niaga, kapal ini dilengkapi dengan peralatan yang berfungsi untuk menunjang pekerjaan lepas pantai seperti:

- *Navigation deck 360°*, fungsinya selain untuk mauver (melihat ke depan) juga untuk mengawasi pekerjaan yang sebagian besar bertempat di dek bagian belakang.
- *Bow thruster/azimuth thruster*, peralatan ini berfungsi untuk melakukan manuver terlebih lagi saat pekerjaan yang membutuhkan ketepatan dalam olah gerak.
- Area dek yang luas berfungsi sebagai tempat melakukan pekerjaan dan untuk membawa peralatan yang digunakan di *platform*.
- *Winch*, merupakan peralatan utama yang digunakan untuk melakukan pekerjaan *towing*.
- *Mud tank* dan *mud pump*, digunakan untuk menyimpan dan memompa lumpur yang akan digunakan dalam proses pengeboran sumur.
- *Power pack*, yaitu generator tambahan yang berfungsi untuk menunjang daya kerja dari *winch*.
- *Towing equipment*, merupakan peralatan yang berfungsi untuk mengontrol pekerjaan *towing*. *Towing equipment* terdiri dari *stopper*, *guide pin* dan *stern roller*.



Gambar 2. 1 Kapal AHTS
(Sumber : Offshore Support Vessels, A Practical Guide. 2008)

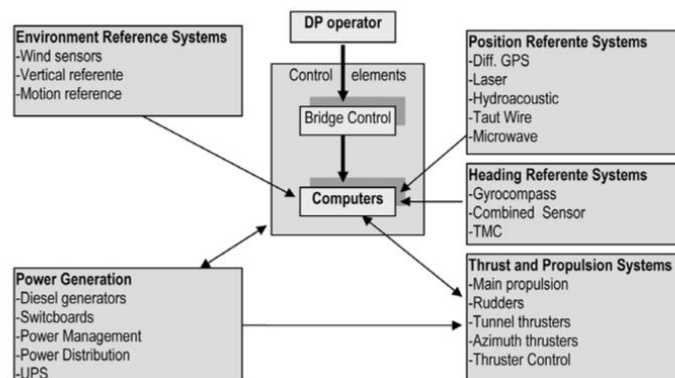
Kapal AHTS biasanya dilengkapi dengan *dynamic positioning system* untuk mendukung tugasnya di area lepas pantai, dikarenakan kondisi pekerjaan yang menuntut ketepatan dalam posisi dan olah gerak dari kapal tersebut. Komponen yang perlu diperhatikan dalam suatu sistem kelistrikan kapal AHTS ini adalah *thruster*, karena *thruster* memiliki daya yang besar dan dapat mengganggu sistem kelistrikan jika terjadi kegagalan. Jika kapal dioperasikan pada konfigurasi *split plant* maka masalah yang muncul tidak sebanyak jika kapal menggunakan konfigurasi *closeb* bus. Namun kapal AHTS yang dioperasikan dalam konfigurasi *closed bus* akan rentan terhadap masalah-masalah kelistrikan sehingga analisis terhadap kestabilan sistem kelistrikan pada operasional kapal AHTS perlu dibahas lebih lanjut. (Dynamic Positioning Committee, 2012)

2.2 Dynamic Positioning System

Ship's Dynamic Positioning (DP) adalah sekumpulan komponen sistem kontrol yang secara otomatis mempertahankan posisi dan arah kapal ataupun bangunan apung (*station keeping*) dengan menggunakan *propeller* dan *thruster* yang dimiliki oleh kapal ataupun bangunan apung tersebut. (Hal ini memungkinkan untuk mempermudah operasi sektor *offshore* yang dilakukan di laut dalam dimana tidak memungkinkan untuk melakukan *mooring* dan *anchoring*).

DP didefinisikan sebagai: "Suatu sistem yang secara otomatis mengendalikan posisi kapal dan arahnya dengan menggunakan pendorong aktif". (IMCA, 2007)

Definisi ini mencakup menjaga posisi pada suatu ordinat tertentu, manouver dengan jalur yang telah ditentukan, dan juga *tracking*. Untuk melakukan semua tugas diatas, pembagian tugas dan sumber harus dirincikan dengan jelas.



Gambar 2. 2 Diagram skematik dari sistem kerja DP.
(Sumber : Introduction to Ship Dynamic Positioning Systems, 2008.)

Sebuah kapal dapat bergerak mengikuti 6 derajat kebebasan, yaitu *yaw*, *pitch*, *roll*, *surge*, *sway*, dan *heave*. Sistem *dynamic positioning* biasanya berhubungan dengan 3 gerakan translasi yang mempengaruhi posisi dan arah kapal yaitu *surge*, *sway*, dan *yaw*. Setiap kapal dirancang untuk menahan gaya dari angin, gelombang, dan pergerakan arus yang dilawan dengan gaya yang dihasilkan dari mesin penggerak utama kapal. Hasil dari gaya-gaya yang berlawanan ini adalah perubahan posisi dan arah dari kapal, dimana

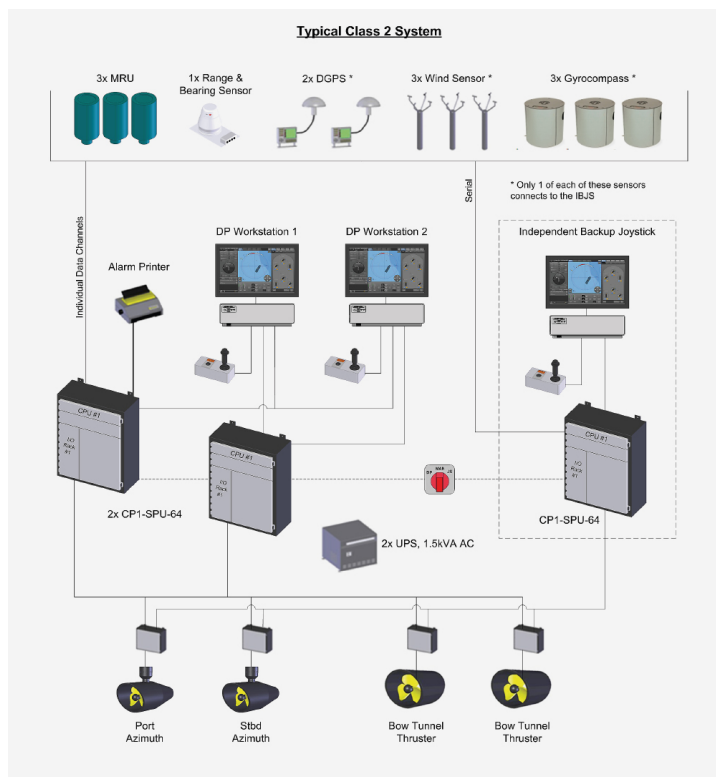
Gambar 2. 3 Prinsip Kerja *Dynamic Positioning System*
(Sumber : Basics of Dynamic Positioning, 1998.)

2.2.2 Elemen dari *Dynamic Positioning System*

Sebuah *dynamic positioning system* terdiri dari 3 elemen utama yaitu *power system*, *thrust system*, dan *dynamic positioning control system* yang jika dijabarkan menjadi komponen-komponen adalah sebagai berikut:

- *Dynamic positioning controller computer*
- *Man machine interface*
- *Power generation system & Switchboard*
- *Thruster and motors*
- *Position reference system (PRS)*
- *Motion reference units (MRU)*
- Sensor lingkungan (*wind sensors*)
- *Feedback to controller*
- *Uninterruptable Power Supply (UPS)*
- *Communication system*
- *System alarm & alarmed printer*
- *Alarm system traffic lights.*

Berikut adalah diagram skematik dari DP *class 2*.

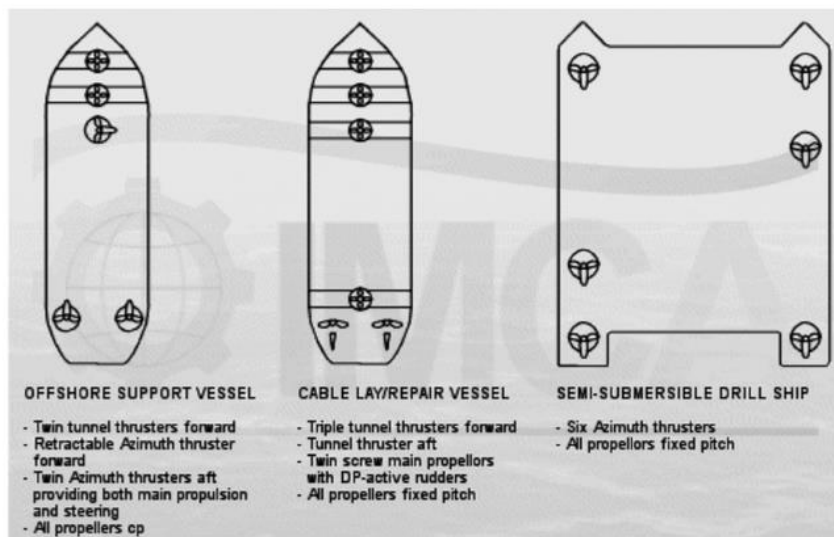


Gambar 2. 4 Diagram Skematik DP Class 2
Sumber : Brosur Wartsila NACOS DP Premium

2.2.3 Sistem Propulsi

Kemampuan penggerak sebuah kapal berasal dari *propeller* dan *thruster* yang dimilikinya. Sistem propulsi memiliki peran yang sangat penting dalam fungsi *station keeping* pada sistem DP. Secara umum, kapal yang dipasang DP memiliki 3 jenis pendorong, yaitu *main propeller*, *tunnel thruster (bow thruster)*, dan *azimuth thruster* yang dipasang sesuai dengan kebutuhannya.

Umumnya pada kapal OSV (*Offshore Supply Vessel*), sistem propulsinya terdiri dari 2 propeller dikarenakan kebutuhan daya dan manuver. Selain itu OSV dilengkapi dengan *thruster* yang diletakkan di bagian *bow* ataupun *stern* tergantung dari kebutuhannya. *Thruster* yang diletakkan di bagian *bow* biasanya berjenis *tunnel thruster* atau *azimuth thruster*. Perbedaan dari dua jenis *thruster* ini adalah kemampuan manuvernya, *azimuth thruster* memberikan gaya gerak yang lebih leluasa yaitu sebanyak 360°. (Ritchie, 2008)



Gambar 2. 5 Layout Thruster Kapal dengan DP System
(Sumber : Introduction to Ship Dynamic Positioning Systems, 2008.)

2.2.4 Klasifikasi Dynamic Positioning System

Berdasarkan publikasi IMO (*International Maritime Organization*) 645, Perhimpunan Klasifikasi telah mengeluarkan peraturan untuk Dynamic Positioned Ships yang dideskripsikan sebagai Kelas 1, Kelas 2 dan Kelas 3.

Pengklasifikasian ini didasarkan kepada redundansi, dengan 3 unsur utama konsep redundansi, yaitu:

- *Performance*
- *Protection*
- *Detection*

Kelas Peralatan (EC) 1 tidak memiliki redundansi. Hilangnya posisi dapat terjadi jika terjadi kesalahan tunggal.

Peralatan Kelas 2 memiliki redundansi sehingga tidak ada kesalahan tunggal pada sistem yang aktif yang akan menyebabkan sistem gagal. Kehilangan posisi tidak boleh

terjadi dari kesalahan tunggal komponen atau sistem aktif seperti generator, *thruster*, *switchboards*, katup pengontrol jarak jauh, dsb. Tetapi mungkin terjadi setelah kegagalan komponen statis seperti kabel, pipa, katup manual, dll.

Peralatan Kelas 3, yang juga harus tahan api atau banjir di salah satu kompartemen tanpa sistem gagal. Hilangnya posisi tidak boleh terjadi dari kegagalan apapun termasuk bagian yang terpisah di kompartemen berbeda.

IMO mengeluarkan keputusan dimana *Class* berlaku untuk jenis operasi apa terhadap operator kapal DP dan kliennya, Norwegian Maritime Directorate (NMD) telah menentukan Kelas apa yang harus digunakan sehubungan dengan risiko sebuah operasi. Dalam Panduan NMD dan Catatan No. 28, telah menentukan empat klasifikasi

- Operasi Kelas 0; dimana kehilangan kemampuan menjaga posisi tidak dianggap membahayakan kehidupan manusia, atau menyebabkan kerusakan.
- Operasi Kelas 1; dimana kehilangan kemampuan menjaga posisi dapat menyebabkan kerusakan atau polusi akibat kecil.
- Operasi Kelas 2; dimana kehilangan kemampuan menjaga posisi dapat menyebabkan cedera personil, polusi, atau kerusakan dengan konsekuensi ekonomi yang besar.
- Operasi Kelas 3; dimana kehilangan kemampuan menjaga posisi dapat menyebabkan kecelakaan fatal, atau polusi atau kerusakan parah dengan konsekuensi ekonomi utama.

Sedangkan untuk pengklasifikasian *dynamic positioning system* berdasarkan jenis pekerjaan dan risiko yang dapat ditimbulkan adalah sebagai berikut,

- Kelas 1: Unit DP dengan kelas peralatan 1 harus digunakan selama operasi dimana kehilangan posisi tidak dianggap membahayakan jiwa manusia, menyebabkan kerusakan signifikan atau menyebabkan polusi lebih dari sedikit.
- Kelas 2: Unit DP dengan kelas peralatan 2 harus digunakan selama operasi dimana kehilangan posisi dapat menyebabkan cedera personil, polusi atau kerusakan dengan konsekuensi ekonomi yang besar.
- Kelas 3: Unit DP dengan kelas peralatan 3 harus digunakan selama operasi dimana kehilangan posisi dapat menyebabkan kecelakaan fatal, polusi berat atau kerusakan dengan konsekuensi ekonomi yang bersifat fatal.
- Sistem kelas 2 atau 3 harus mencakup fungsi "*consequences analysis*" yang terus-menerus memverifikasi bahwa kapal akan tetap berada pada posisi meskipun terjadi kegagalan tunggal yang terburuk.

2.2.5 Mode Operasi *Dynamic Positioning System*

Berdasarkan keputusan dari *Marine Technology Society*, terdapat tiga jenis *dynamic positioning vessel* berdasarkan jenis pekerjaan yang dilakukannya yaitu

- *Mobile Offshore Drilling Units (MODUs)*,
- *Project construction vessel*
- *Logistics vessel*.

Setiap kapal tersebut memiliki mode operasi yang berbeda untuk menyelesaikan pekerjaan yang berbeda pula, namun secara umum terdapat enam mode operasi pada secara umum terdapat enam mode operasi pada *dynamic positioning system* menurut DPC, *marine technology society*, yaitu :

1. *Mode Manual / Joystick*

Mode ini memungkinkan operator untuk bebas mengendalikan kapal secara manual menggunakan *joystick* untuk 9ontrol posisi dan kontroler putar dari kapal.

2. *Mode Auto Position dan Auto Heading*

Mode ini secara otomatis dapat mempertahankan posisi dan arah tujuan dari kapal sesuai dengan titik acuan yang telah ditentukan.

3. *Mode Auto Area Position*

Mode ini secara otomatis menjaga kapal di dalam area yang diperbolehkan dan dalam batas *theme* yang diperbolehkan saat menggunakan jumlah daya minimum.

4. *Mode Auto Track*

Mode ini dapat dioperasikan dalam kecepatan rendah dan kecepatan tinggi. Kapal memiliki kemampuan untuk mengikuti jalur tertentu sesuai denga titik acuan yang telah ditentukan.

5. *Mode Autopilot*

Mode ini memungkinkan kapal untuk mengarahkan secara otomatis pada jalur yang telah ditentukan.

6. *Mode Follow Target.*

Memungkinkan kapal untuk secara otomatis mengikuti set point yang selalu berubah.

2.3 Sistem Kelistrikan Kapal

Salah satu sistem yang berperan vital dalam kelangsungan operasional sebuah kapal adalah sistem kelistrikannya. Suatu sistem kelistrikan terdiri dari tiga bagian, yaitu pembangkitan, distribusi, dan beban. Semua bagian ini bekerja sama dalam suatu sistem kelistrikan dengan tujuan untuk menggerakkan motor bagi berbagai mesin bantu, penerangan dan juga peralatan yang ada di kapal seperti peralatan pendingin dan sistem ventilasi di kapal.

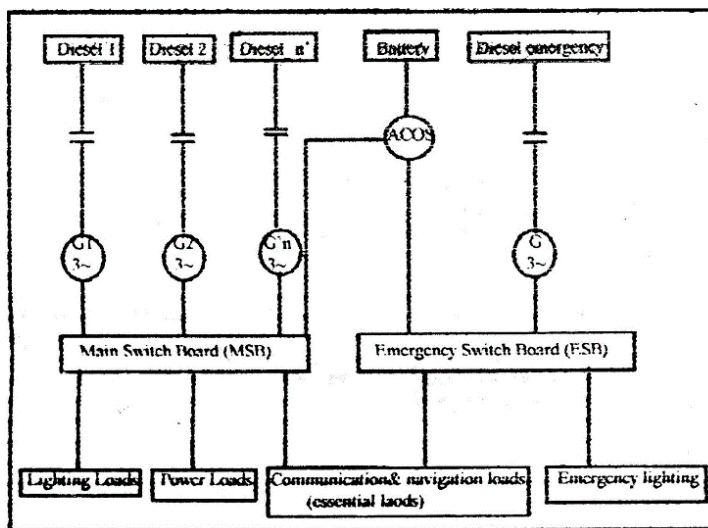
Komponen yang dimaksud dalam pembangkitan adalah komponen yang dapat menghasilkan tenaga listrik yang biasa dikenal dengan nama generator. Setiap kapal memiliki generator yang berbeda dari segi penggerakannya, baik itu digerakkan dengan mesin diesel, turbin uap, ataupun shaft generator. Generator yang ada di kapal harus mampu menyediakan listrik secara kontinyu kepada beban yang ada di kapal dan juga harus mencukupi semua daya yang dibutuhkan, (Sarwito, 1995). Prinsip kerja dari generator diatas kapal yaitu rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub-kutub magnetnya sehingga menimbulkan perbedaan teggan dan menghasilkan arus listrik. Dalam merencanakan sistem kelistrikannya perlu diperhatikan kebutuhan daya maksimum dan minimum pada interval waktu tertentu selama peralatan di kapal bekerja dalam berbagai kondisi seperi di pelabuhan, berlayar, manuver, dan berlabuh. Selain itu daya cadangan juga harus dimasukkan ke dalam perhitungan untuk dapat mengakomodir beban puncak pada periode singkat ketika motor-motor yang berdaya besar dinyalakan. Pada umumnya daya cadangan genertator adalah sebesar 15% lebih tinggi dari kebutuhan daya di kapal. Pemilihan penggerak genrator berdasarkan kepada alasan ekonomi dari setiap perusahaan.

Pada kapal, ada tiga kategori beban yang harus ditanggung oleh sebuah pembangkit, yaitu:

- Beban penerangan (*lighting load system*) berupa beban lampu pada tiap ruangan dan *gangway*. Beban ini memiliki tegangan 220 V satu phase dengan frekuensi 50 Hz.
- Beban *power* (*power load system*) berupa mayoritas peralatan yang digunakan pada *engine room* dan *hull/deck machinery*. Beban pada kategori ini memiliki tegangan 220V/380V tiga phase dengan frekuensi 50 Hz.
- Beban sistem navigasi, komunikasi dan keselamatan yang sebagian besar terletak pada *navigation deck*. Beban pada kategori ini memiliki tegangan 220 V dengan frekuensi 50 Hz.

Ketiga kategori beban ini biasanya disuplai oleh 2 atau lebih generator. Selain generator utama tersebut, di kapal juga harus disediakan 1 unit *emergency generator* dan juga *battery* untuk menyuplai komponen penting pada kapal jika terjadi sesuatu yang menyebabkan kehilangan daya (*lost of power*) di kapal. Daya dari generator ini biasanya dipusatkan pada satu *Main Switch Board* (MSB) yang kemudian didistribusikan ke beberapa *switch board* yang berguna untuk distribusi daya ke beberapa dek yang ada di kapal. (M.S and Kusuma, 2014)

Umumnya, *emergency switch board* yang merupakan sistem kelistrikan darurat dayanya dapat dihubungkan ke *bus tie* dari *switch board* lainnya. Hal ini dirancang sedemikian rupa agar pada saat darurat ketika generator utama tidak bisa menyuplai daya untuk beban di kapal, *emergency generator* dapat mengambil alih tugas generator utama untuk memberikan suplai daya.



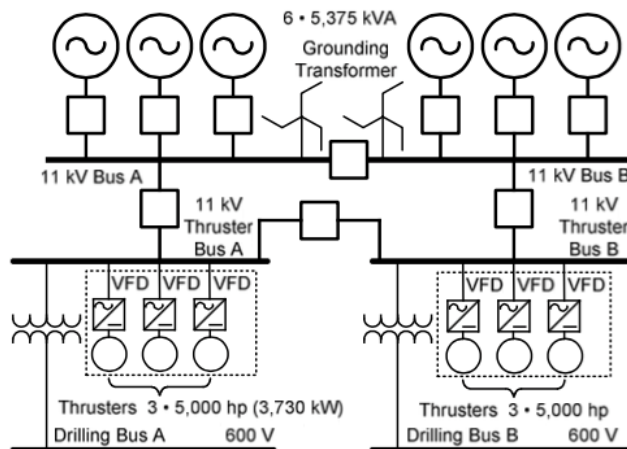
Gambar 2. 6 Diagram Sistem Kelistrikan Kapal
(Sumber : Marine Engineering, 1971)

2.3.1 Sistem Kelistrikan pada Kapal dengan DP

Pada umumnya, kapal yang dilengkapi dengan sistem DP memiliki jumlah *thuster* yang lebih banyak dibanding dengan kapal yang tidak dilengkapi dengan sistem DP. Penambahan *thruster* ini mengakibatkan pertambahan beban listrik yang signifikan sehingga perlu dilakukan penambahan pembangkit listrik pada kapal.

Klasifikasi dari sistem DP membedakan sistem menjadi 3 kelas, salah satu persyaratannya adalah dari segi redundansi sistem. Perbedaan ini menghasilkan konfigurasi berbeda pada sistem tenaga listrik di kapal yang dilengkapi dengan sistem DP untuk meminimalisir risiko terjadinya kegagalan sistem akibat gangguan pada sistem tenaga listrik.

Pada umumnya kapal memiliki sistem kelistrikan dengan konfigurasi *closed bus*, konfigurasi yang bisa menempatkan semua bus dalam keadaan tersambung. Maksudnya adalah sistem kelistrikan yang memungkinkan satu dan lebih pembangkit untuk menyuplai semua beban di kapal. Untuk memaksimalkan toleransi kesalahan pada sistem DP, sistem kelistrikan pada umumnya dirancang secara terpisah (*islanded*) untuk mengurangi kemungkinan terganggunya sistem karena satu kesalahan. Tidak seperti sistem yang dirancang menggunakan bus tertutup, perancangan menggunakan bus terbuka hanya akan berdampak pada bus yang terkena gangguan, secara efektif dapat mengisolasi masalah di daerah yang terkena gangguan saja. Tujuannya adalah untuk menghindari kegagalan sistem karena satu kesalahan dimana seluruh sistem dapat mengalami blackout dengan mengisolasi kegagalan hanya pada satu sistem redundansi.



Gambar 2. 7 Konfigurasi *Closed bus*

(Sumber : Dynamic Positioning Power Plant System Reliability and Design, 2011)

Dengan sistem *split plant*, 2 kelompok thruster dan generator dioperasikan secara independen tanpa *cross-connection* di sistem listrik maupun mekanik. Pada mode operasi ini, sebuah masalah kelistrikan, gangguan tegangan, kebutuhan tenaga yang naik tiba-tiba, bahkan blackout yang terjadi pada satu kelompok bus maupun switchboard tidak mempengaruhi bagian yang tidak terkena masalah. Masing-masing kelompok redundansi dari generator dan thruster benar-benar terisolasi dari kelompok lainnya sehingga memaksimalkan toleransi dari kesalahan yang mungkin terjadi. Karena alasan ini, sudah sewajarnya DP operator mengoperasikan sistem pada bus tertutup pada kondisi *transit at-sea* dan mengubah ke *split plant* pada saat menggunakan DP untuk memaksimalkan redundansi sistem saat sedang dalam kondisi *station keeping*. (Roa, 2016)

2.3.2 Perubahan Peraturan berdasarkan MARPOL

Dalam kurun 10-15 tahun terakhir, perubahan besar pada aturan terkait lingkungan dan ekonomi memberikan dampak pada pengoperasian sistem kelistrikan kapal. Aturan seperti MARPOL Annex VI mengharuskan operator untuk mengurangi emisi seperti SOX, NOX, dan CO₂. Pada kapal yang beroperasi pada *Emission Control Area* (ECAs) bahkan peraturan yang diberlakukan lebih ketat. Secara bersamaan, mengacu kepada ekonomi dunia dan persaingan yang meningkat diantara DP operator, pertimbangan biaya telah mengakibatkan operator untuk mengoperasikan generator pada efisiensi maksimum untuk menghemat konsumsi bahan bakar dan mengurangi waktu kerja dari generator, yang dapat mengurangi biaya perawatan. Sebagai hasil dari pertemuan beberapa alasan ini, beberapa DP operator mengoperasikan sistem kelistrikan mereka pada sistem bus tertutup. Sistem ini mengurangi jumlah generator dan juga menambah efisiensi pada masing-masing generator pada saat bersamaan. Berikut adalah beberapa keuntungannya :

1. Karena total kebutuhan daya dibagi sama rata pada setiap generator pada susunan bus tertutup, generator dapat dioperasikan pada efisiensi maksimum dan mengurangi konsumsi bahan bakar.
2. Karena proses pembakaran lebih baik pada pembebanan tinggi, emisi seperti SOX dan NOX dapat dikurangi secara signifikan. Hal ini memudahkan kapal untuk memenuhi persyaratan aturan polusi tanpa harus menambah scrubbers atau mengeluarkan biaya untuk peralatan penurun emisi untuk mengoperasikan generator pada pembebanan rendah.
3. Penguatan pada pembebanan tinggi juga mengurangi penumpukan karbon pada bagian internal dari mesin yang muncul karena operasi terus-menerus pada pembebanan rendah yang mengakibatkan perawatan secara berkala.
4. Terakhir, jumlah generator yang dioperasikan jadi lebih sedikit pada pembebanan yang sama, dengan demikian dapat mengurangi *running hour* dari generator secara drastic dan mengurangi biaya perawatan.

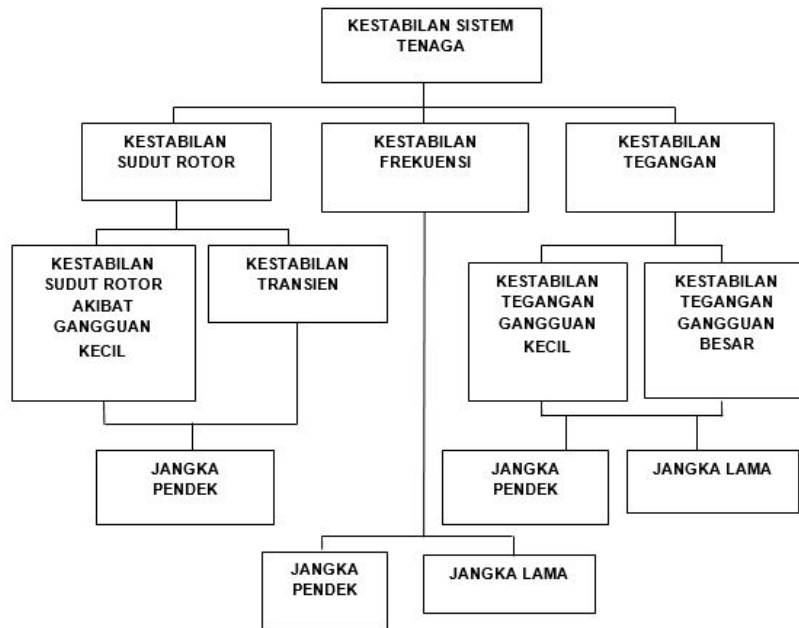
Beberapa keuntungan ini menyebabkan banyak DP Operator untuk beralih dari sistem *split plant* dan merancang sistemnya pada konfigurasi bus tertutup sebagai konfigurasi normal pada semua mode operasi termasuk mode DP. Namun, pengoperasian pada sistem bus tertutup dapat menyebabkan sistem kelistrikan rentan terhadap satu kegagalan seperti kegagalan pada bus utama dari penyuplai terbesar listrik. Kegagalan seperti ini dapat mengakibatkan keseluruhan sistem mengalami tegangan transien yang menyebabkan beban DP utama seperti thruster lepas dari line sehingga mengakibatkan hilangnya posisi yang harus dijaga. (Roa, 2016)

2.4 Klasifikasi Kestabilan

Kestabilan sistem tenaga listrik dapat didefinisikan sebagai kemampuan dari sistem tenaga listrik agar bisa berada pada kondisi normal ketika terjadi gangguan.

Berdasarkan paper IEEE *Transactions On Power Systems* dengan judul *Definition and Classification of Power System Stability*, kestabilan sistem tenaga listrik dikategorikan menjadi tiga ("Definition and Classification of Power System Stability IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions," 2004), yaitu :

1. Kestabilan Tegangan
2. Kestabilan Frekuensi
3. Kestabilan Sudut Rotor



Gambar 2. 8 Klasifikasi kestabilan sistem tenaga
(Sumber : IEEE Transaction on Power System Vol. 19, No.2, May 2004)

2.4.1 Kestabilan Tegangan

Kestabilan tegangan adalah kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi tegangan pada semua bus agar tetap stabil setelah mengalami gangguan. Kestabilan tegangan berhubungan dengan kemampuan sistem untuk mempertahankan kestabilan antara *supply* dari pembangkit dengan kebutuhan beban di kapal. Gangguan pada tegangan biasanya terjadi karena lepasnya beban yang signifikan sehingga terjadi drop pada tegangan. Kestabilan tegangan ini dipengaruhi oleh gangguan yang besar maupun yang kecil dalam jangka pendek dan jangka lama. (Institute of Electrical and Electronics Engineers et al., 2003)

Gangguan besar contohnya adalah hilangnya pembangkitan atau hilang sinkronisasi pada generator dan hubungan singkat pada sistem. Sedangkan gangguan kecil adalah seperti penambahan beban skala kecil sehingga sistem berupaya untuk memperbaiki diri sendiri.

2.4.2 Kestabilan Frekuensi

Stabilitas frekuensi terkait dengan kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan frekuensi tunak dengan kisaran nominal mengikuti beberapa gangguan sistem karena ketidakseimbangan antara pembangkit dan beban. Hal ini bergantung pada pengembalian keseimbangan antara sistem beban dan pembangkitan dengan

meminimalkan jumlah pelepasan/kehilangan beban. Kondisi frekuensi harus stabil untuk menjaga sistem dari hilangnya sinkronisasi. (Institute of Electrical and Electronics Engineers et al., 2003)

Kestabilan frekuensi dapat terjadi dalam jangka pendek dan panjang. Untuk jangka pendek biasanya ketidakseimbangan terjadi karena perubahan beban yang tidak mampu disesuaikan oleh generator. Sedangkan gangguan jangka panjang adalah hilangnya kemampuan kontrol *governor*.

2.4.3 Kestabilan Sudut Rotor

Stabilitas sudut rotor adalah stabilitas yang berhubungan dengan kemampuan mesin sinkron (dalam hal ini generator) yang terkoneksi pada sistem tenaga listrik untuk tetap pada kondisi sinkron setelah mengalami gangguan. Kestabilan sudut rotor bergantung pada kemampuan untuk mengembalikan kesetimbangan antara torsi elektromagnetik dan torsi mekanik masing-masing mesin pada sistem. (Institute of Electrical and Electronics Engineers et al., 2003). Ketidakstabilannya dapat menyebabkan kenaikan sudut ayunan pada generator yang berakibat kehilangan sinkronisasinya dengan generator lain. Kestabilan sudut rotor dibagi menjadi dua, yaitu stabilitas gangguan kecil (keadaan tunak) dan stabilitas keadaan transien.

Menurut studi stabilitas transien memiliki kurun waktu 3-5 detik setelah gangguan. Sedangkan untuk stabilitas gangguan kecil mempunyai kurun waktu 10-20 detik setelah adanya gangguan.

2.5 Kestabilan Transien

Kestabilan transien adalah kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi sinkron ketika mengalami gangguan transien berupa gangguan besar yang terjadi secara tiba-tiba pada sistem tenaga. Dalam kondisi normal sebuah sistem listrik harus mendapatkan keseimbangan antara daya mekanis pada *prime mover* dengan keluaran daya listrik untuk beban pada sistem. Penambahan atau pengurangan beban pada sistem harus diikuti dengan perubahan masukan daya mekanis dari *prime mover* pada generator. Jika daya *input* mekanis tidak dapat mengikuti perubahan beban pada sistem maka kecepatan rotor generator, frekuensi sistem, dan tegangan akan menyimpang dari keadaan sinkronnya. Sesaat itu terjadi ketidakseimbangan antara daya *input prime mover* dengan keluaran beban listrik dan jika tidak ditanggulangi, maka sistem akan mengalami hilang sinkronisasi.

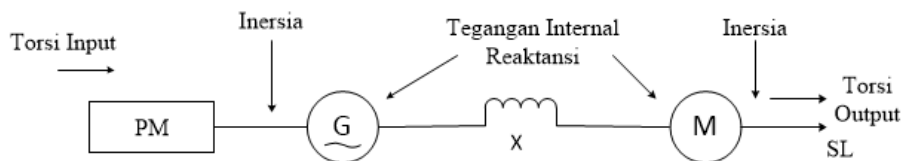
Berdasarkan sifatnya, gangguan pada stabilitas sistem tenaga listrik dibagi menjadi 3 kategori:

1. Stabilitas tetap (*steady state*)
2. Stabilitas peralihan (*transient*)
3. Stabilitas sub peralihan (*dynamic*)

Stabilitas *steady state* adalah kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kondisi sinkron setelah mengalami fluktuasi beban skala kecil. Stabilitas peralihan adalah kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kondisi sinkron setelah mengalami gangguan besar yang bersifat mendadak sebesar satu ayunan atau satu *swing* dengan asumsi bahwa *automatic voltage regulator* (AVR) belum bekerja. Stabilitas sub peralihan adalah bila setelah ayunan pertama pada periode stabilitas transien sistem dapat mempertahankan kondisi sinkron sampai sistem kembali

ke keadaan seimbang sesuai dengan aturan yang berlaku.

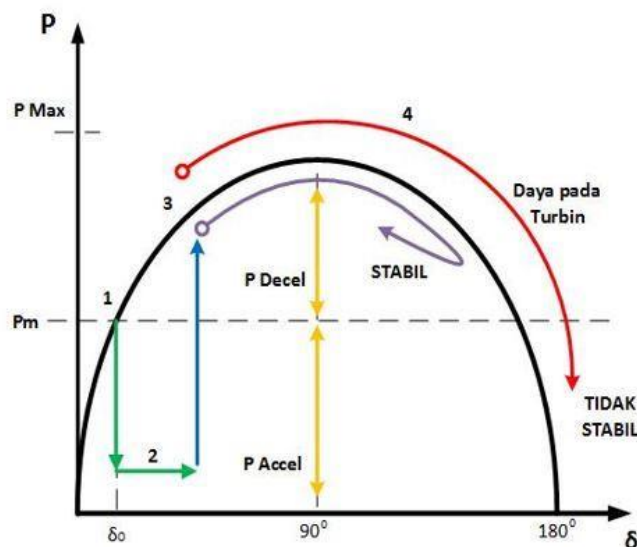
Ketidakseimbangan antara pembangkitan daya dengan pembebanan menimbulkan suatu kondisi transien yang menyebabkan rotor dari generator berayun karena adanya torsi yang menyebabkan perlambatan atau percepatan dari rotor tersebut. Jika terjadi ketidakseimbangan yang disebabkan adanya pembangkitan daya yang berlebihan, maka energi yang berlebih akan diubah menjadi energi kinetik yang menyebabkan percepatan sudut rotor bertambah, namun pertambahan kecepatan tidak menyebabkan hilangnya sinkronisasi, melainkan perbedaan sudut rotor yang menyebabkan hilangnya sinkronisasi. (Mahon, 1992).



Gambar 2. 9 Faktor Mekanis pada Generator
(Sumber : Power System Stability and Control, 1994)

Faktor utama dalam permasalahan stabilitas dapat ditinjau dari faktor mekanis dan faktor elektrisnya. Pada faktor mekanis antara lain torsi input beban, inersia dari *prime mover* dan generator, inersia motor dan sumbu beban, dan torsi onput sumbu beban. Sedangkan dari faktor elektris diantaranya adalah tegangan internal dari generator sinkron, reaktansi sistem, dan tegangan internal dari motor sinkron. (Kundur, 1994)

Gangguan besar pada sistem tenaga listrik sangat mempengaruhi kinerja generator sehingga mengakibatkan fluktuasi pada kecepatan rotor generator. Berikut gambar yang menjelaskan perilaku generator saat terjadi gangguan.



Gambar 2. 10 Perilaku Generator Saat Tejadi Gangguan
(Sumber : Power System Stability and Control, 1994)

Ilustrasi dari gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Keadaan generator saat belum terjadi gangguan
2. Keadaan generator ketika terjadi gangguan. Gangguan menyebabkan output dari generator berkurang sehingga muncul perbedaan daya output generator dengan daya mekanis pada turbin. Pada periode ini rotor generaor mengalami percepatan, sedangkan sudut rotor bertambah besar.
3. Keadaan ketika gangguan hilang, sehingga daya output generator pulih kembali sesuai dengan kurva P dan δ .
4. Keadaan setelah gangguan hilang. Daya output generator menjadi lebih besar disbanding daya mekanis turbin. Hal ini membuat rotor generator mengalami perlambatan. Diperlukan torsi lawan yang cukup untuk mengimbangi perubahan kecepatan untuk membuat sistem stabil dalam ayunan pertama.

Stabilitas sistem tenaga listrik sangat mempengaruhi keandalan sistem, karena pengoperasian sistem pada kondisi yang tidak stabil dapat mempengaruhi umur peralatan yang ada pada sistem.

Transient Stability Assessment atau studi tentang kestabilan transien harus dilakukan karena suatu sistem dapat dikatakan stabil pada kestabilan *steady state*, namun belum tentu stabil pada kestabilan transien, sehingga studi ini perlu dilakukan guna untuk mengetahui apakah sistem dapat kembali stabil saat gangguan transien terjadi. (Marine Technology Society). Stabilitas Gangguan kestabilan transien dapat terjadi karena beberapa faktor, yaitu :

- a. Beban lebih akibat lepasnya generator dari sistem
- b. Hubungan singkat (*short circuit*)
- c. *Starting* pada motor
- d. pelepasan beban yang mendadak

Ada beberapa jalan keluar untuk menstabilkan sistem jika terjadi gangguan transien yang menyebabkan sistem tidak stabil, diantaranya adalah:

- a. Pengubahan konfigurasi sistem
- b. Desain dan pemilihan *rotating equipment* : menambah momen inersia, mengurangi reaktan transien, meningkatkan kinerja voltage regulator.
- c. Aplikasi *Power System Stabilizer*
- d. Peningkatan performa sistem proteksi
- e. *Load Shedding Scheme*

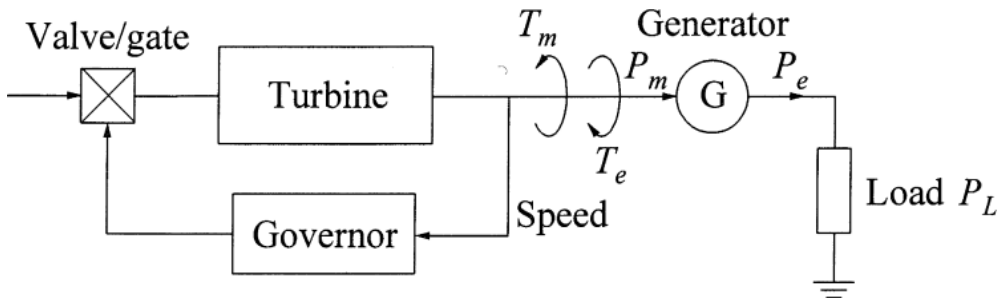
2.6 Persamaan Terkait Kestabilan Transien

Salah satu persamaan terkait dengan kestabilan transien yaitu persamaan ayunan generator (1), yaitu persamaan yang berfungsi dalam menurunkan nilai simpangan sudut rotor. Pada kasus kestabilan, respon sudut rotor yang tidak mampu menyamai kebutuhan elektrik akan menyebabkan sistem menjadi tidak stabil.

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{\omega_0}{2H} (P_m - P_e) \quad (1)$$

Dimana ω adalah kecepatan sudut dari generator, δ adalah sudut rotor dari generator, P_m adalah masukan mekanis pada generator, P_e adalah keluaran daya elektrik dari generator,

H adalah inersia generator dalam MWs / MVA, ω_0 adalah kecepatan sinkron yang berhubungan dengan frekuensi sinkronnya.



Gambar 2. 11 Blok Diagram Speed Governing
(Sumber : electrical-zone.blogspot.com)

Konsep dasar speed governing diilustrasikan pada gambar 2.11 :

T_m	= Torsi Mekanik	P_e	= Daya Elektrik
P_m	= Daya Mekanik	P_l	= Daya beban
T_e	= Torsi Elektrik		

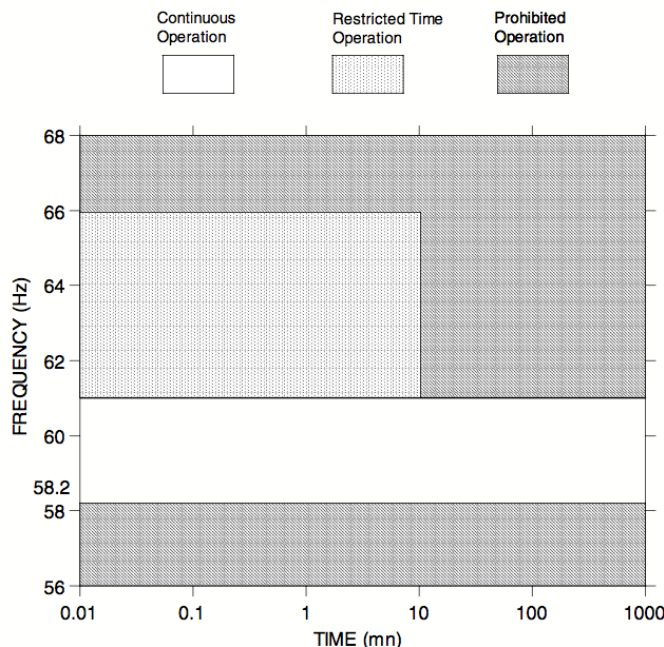
Saat terjadi perubahan beban, secara instan nilai torsi elektrik (T_e) akan berubah. Perubahan ini menyebabkan adanya perbedaan antara torsi mekanik (T_m) dan torsi elektrik (T_e) yang menyebabkan perbedaan kecepatan. Nilai frekuensi berhubungan dengan daya aktif. *Supply* daya aktif sistem harus sesuai dengan kebutuhan agar frekuensi tetap dalam batas yang aman untuk beroperasi. Penyesuaian daya aktif ini dilakukan dengan mengatur kopel mekanis yang memutar generator. Penyesuaian ini dilakukan oleh governor. Governor akan mengurangi kapasitas bahan bakar ketika frekuensi naik dari nominalnya, dan sebaliknya governor akan menambah kapasitas bahan bakar ketika frekuensi turun dari nominalnya. Mode operasi speed governor dibagi menjadi mode droop dan mode isochronous. Mode droop governor sudah memiliki *set point* daya mekanik yang besarnya sesuai dengan rating generator. Dengan adanya *fixed setting* maka nilai keluaran daya listrik generator tidak akan mempengaruhi putaran *prime mover*. Sedangkan pada mode isochronous pengaturan putaran generator adalah berdasarkan kebutuhan daya pada sistem secara *real time*. Governor akan menyesuaikan keluaran daya mekanik *prime mover* agar sesuai dengan kebutuhan beban listrik pada sistem. Cara ini dapat dilakukan dengan mengatur governor sesuai dengan *logic control* generatornya. Mode ini dapat menjaga frekuensi generator untuk bekerja pada batas yang diizinkan.

2.7 Standar yang Berkaitan dengan Kestabilan Transien

Terdapat beberapa standar yang perlu diperhatikan ketika melakukan analisa kestabilan transien yang berkaitan dengan kestabilan sistem tenaga listrik.

2.7.1 Standar Frekuensi

Menurut IEEE *standar* 106-2003, kemampuan generator untuk menahan fenomena *under/over frequency* dijelaskan di gambar berikut



Gambar 2. 12 Standar Frekuensi pada Sistem Kelistrikan
(Sumber : IEEE Std. 106-2003)

Dari gambar diatas dapat diambil penjelasan sebagai berikut :

- *Under frequency* diijinkan sampai dengan 58.2 Hz
- *Over frequency* diijinkan sampai dengan 61 Hz

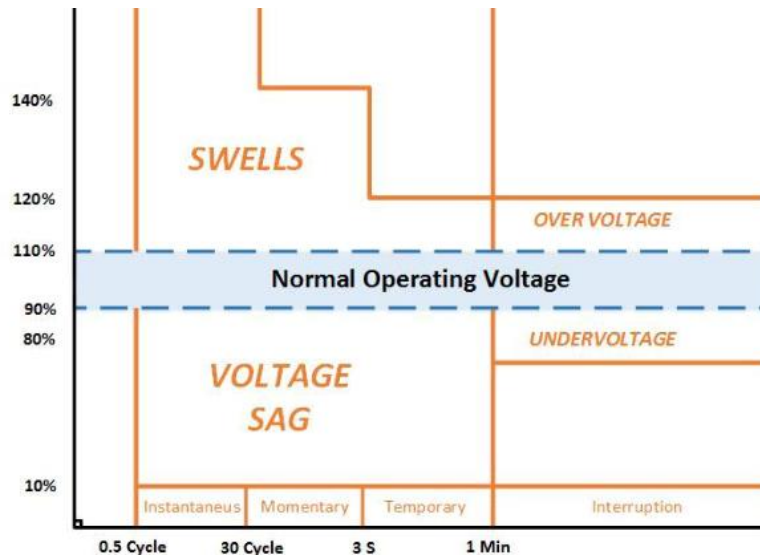
Untuk sistem dengan frekuensi 50 Hz, perlu dilakukan perubahan satuan menjadi bentuk % agar dapat ditemukan datanya. Maka untuk frekuensi 50 Hz,

- $(58.2/60) \times 100\% = 97\%$
- $(61/60) \times 100\% = 101.67\%$

Maka frekuensi diharapkan tidak menyentuh nilai diatas saat *steady state* agar kestabilan sistem terjaga.

2.7.2 Standar Tegangan

Menurut IEEE *standard* 1195, gangguan transien yang dapat terjadi adalah *voltage dip*, *voltage swell*, *over voltage* dan *under voltage*. Standar dari kedip tegangan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 13 Standar Voltage Dips
(Sumber : IEEE Std. 1195-1995)

Dari gambar diatas dapat diambil beberapa penjelasan sebagai berikut:

- *Normal operating voltage* berkisar 90%-110% dari tegangan nominal.
- *Voltage sag/dip* adalah penurunan tegangan yang bersifat sementara sampai di kisaran 10%-90% tegangan nominal.
- *Voltage swells* adalah naiknya tegangan yang bersifat sementara sampai di kisaran 110%-180% dari tegangan nominal.
- Durasi *voltage dip* dibagi menjadi 3 kategori yaitu *instantaneous* (0.5 cycle – 30 cycle), *momentary* (30 cycle – 3 detik), dan *temporary* (3 detik – 1 menit)
- *Undervoltage* dan *overvoltage* termasuk kategori *sustained interruption*
- Kedip tegangan hanya diijinkan sebesar 10% dibawah dan diatas nilai tegangan nominal.

2.7.3 Standar Tegangan Menurut Klasifikasi

Dalam industri kelautan, dikenal pihak *classification society*, yaitu pihak yang mengatur tentang seluruh bagian kapal mulai dari konstruksi dan sistemnya. Setiap negara memiliki biro klasifikasinya masing-masing, seperti Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) di Indonesia dan *American Bureau of Shipping* di Amerika Serikat. Biro klasifikasi inilah yang juga mengatur mengenai standar pengoperasian di kapal.

Pihak klasifikasi mengeluarkan aturan-aturan mulai dari pembangunan konstruksi kapal, sistem permesinan, sistem kelistrikan, sampai dengan aturan terkait survey. Diantara aturan-aturan yang dikeluarkan oleh biro klasifikasi, ada juga aturan mengenai batas tegangan dan frekuensi sistem kelistrikan pada kapal yang dituliskan pada aturan tentang sistem permesinan dan kelistrikan. Karena kapal yang dibahas di tugas akhir ini diklasifikasikan oleh *American Bureau of Shipping* (ABS), maka aturannya menurut ABS Part 4 adalah sebagai berikut:

<i>Voltage and Frequency Variations for AC Distribution Systems</i>		
<i>Quantity in Operation</i>	<i>Permanent Variation</i>	<i>Transient Variation (Recovery Time)</i>
Frequency	±5%	±10% (5 s)
Voltage	+6%, -10%	±20% (1.5 s)

Gambar 2. 14 Batas Frekuensi dan Tegangan Menurut ABS
(Sumber : ABS Rules Part 4 Vessel Systems and Machinery)

Standar diatas sama dengan standar yang dikeluarkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia. (American Bureau of Shipping, 2016). Sehingga kedua kelas yang digunakan pada kapal cocok tanpa perlu diadakan peninjauan ulang.

2.8 Pelepasan Beban

Salah satu metode untuk mempertahankan kestabilan sistem tenaga listrik adalah pelepasan beban (*load shedding*), (Baydokhty et al., 2011). Skema pelepasan beban ini dilakukan ketika terjadi indikasi terjadinya gangguan kestabilan pada sistem. Metode pelepasan beban ini bertujuan untuk menyeimbangkan antara daya yang tersedia dengan kebutuhan daya sistem agar sistem tidak mengalami kegagalan saat terjadi *over/under voltage*.

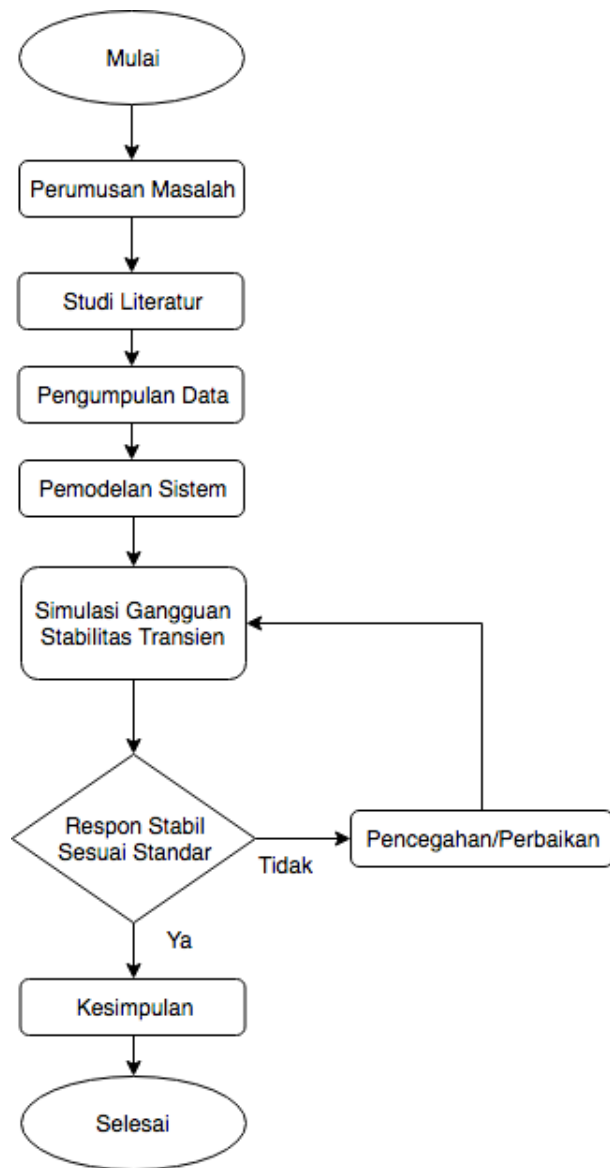
Ada dua macam mekanisme pelepasan beban yaitu pelepasan beban secara manual dan pelepasan beban secara otomatis tergantung dari seberapa genting kondisi gangguan sistemnya. (Shah et al., 1999)

Pelepasan sistem secara manual dilakukan apabila gangguan yang terjadi tidak begitu genting seperti turunnya tegangan. Pelepasan beban secara manual ini dilakukan ketika akan dilakukan starting motor yang membutuhkan daya besar dan juga penambahan beban yang melebihi kemampuan generator yang dapat mengganggu kestabilan sistem. Pada sistem di kapal, pelepasan beban secara manual ini dapat dilakukan dengan cara mengklasifikasikan beban di kapal sebagai beban esensial dan non esensial sehingga saat terjadi kondisi dimana harus dilakukan pelepasan beban, maka beban non esensial akan dilepaskan untuk menyeimbangkan suplai daya dengan kebutuhan daya di kapal agar sistem tetap stabil. Pelepasan beban secara manual ini tidak membutuhkan biaya yang besar untuk alat-alat otomatis namun memerlukan operator yang handal dalam pengoperasiannya.

Pelepasan beban secara otomatis adalah dengan menggunakan relay *under frequency*. Perencanaan dan *setting* dari relay ini adalah berdasarkan besarnya penurunan frekuensi dari sistem. Pelepasan beban dengan deteksi frekuensi ini tidak dilakukan secara langsung, namun secara bertahap untuk menghindari terjadinya *overvoltage* pada sistem.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan tugas akhir ini, tentu saja memerlukan proses yang harus terstruktur. Hal tersebut haruslah ada, agar kedepannya dalam pengerjaan akan terasa lebih terarah dan lebih mudah. Dalam metodologi penelitian ini, akan diuraikan tahap demi tahap yang akan dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini nantinya. Adapun tahapan-tahapannya dijelaskan pada *flow chart* berikut :



Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan skripsi. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam skripsi. Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa skripsi ini dikerjakan dapat diketahui. Dalam skripsi ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai Analisa Kestabilan Transien pada kapal AHTS dengan *dynamic positioning system*

3.2 Studi Literatur

Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah studi literatur. Dimana yang harus dilakukan pada tahap ini, adalah mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membawa paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan.

3.3 Pengumpulan Data

Selanjutnya adalah pengumpulan data yang bertujuan memperoleh data dan informasi yang menunjang pengerjaan skripsi. Dalam hal ini data yang dibutuhkan antara lain :

1. Data kapal AHTS
2. Data *wiring diagram* kapal AHTS
3. Data *single line diagram* sistem kelistrikan kapal AHTS
4. Data dan spesifikasi komponen pada sistem kelistrikan kapal
5. *Log book operational dynamic positioning sytem* pada kapal

3.4 Pemodelan Sistem

Berikutnya adalah pemodelan yang dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 untuk mengetahui gambaran kondisi kerja dari *thruster* di kapal AHTS yang telah dipasang *dynamic positioning system*.

Pemodelan dilakukan dengan menggambarkan *single line diagram* dari sistem kelistrikan AHTS BNI Castor secara keseluruhan dan juga sesuai dengan skenario yang telah ditetapkan.

3.5 Simulasi Gangguan Transien

Tahapan ini dilakukan dengan cara simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6.0 Modul *Transient Stability*, tujuannya adalah untuk mengetahui batas kemampuan sistem dalam mempertahankan kondisinya dengan cara melakukan variasi pada arus *start thruster* sesuai dengan kondisi lingkungan dan juga mengetahui kestabilan sistem yang sesuai dengan standar. Selain itu juga untuk mengetahui jalan keluar dari masalah yang

mungkin terjadi. Simulasi akan dilakukan dengan beberapa skenario yang telah ditentukan pada Bab 4.

3.6 Validasi

Pada tiap simulasi dilakukan pemeriksaan apakah hasil simulasi masih dalam kategori aman menurut standar yang telah ditetapkan di atas. Apabila hasilnya masih tergolong aman maka akan langsung ke pengambilan kesimpulan, sedangkan jika hasilnya tidak sesuai dengan standar maka akan dilakukan upaya pencegahan atau perbaikan untuk memulihkan sistem.

3.7 Kesimpulan

Menarik kesimpulan mengenai kestabilan transien di sistem *thruster* kapal AHTS dan memberikan rekomendasi untuk mengatasi gangguan yang mungkin terjadi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Kapal AHTS BNI Castor

Kapal yang digunakan dalam analisis tugas akhir ini adalah *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) *Vessel* BNI Castor. Berikut adalah data dari BNI Castor

Tipe Kapal	: AHTS
Nama Kapal	: BNI Castor
Class	: American Bureau of Shipping (ABS)
Gross Tonnage	: 1350
DWT	: 1678
LOA	: 59.25 m



Gambar 4. 1 Kapal AHTS BNI Castor

4.2 Spesifikasi Komponen Kelistrikan AHTS BNI Castor

Komponen Pembangkit Listrik

1. *Shaft Generator*

Shaft generator adalah pembangkit listrik yang dikopel dengan *shaft* dari *main propulsion* kapal. *Shaft generator* ini bekerja pada saat RPM konstan dari *main propulsion*. AHTS BNI Castor mempunyai 2 *shaft generator* yang memiliki fungsi untuk menyuplai daya dari *bow thruster* dan juga beban listrik lainnya:

Spesifikasinya sebagai berikut:

Daya : 800 kW

Tegangan	: 415 V
Frekuensi	: 50 Hz
Power Factor	: 0.8

2. Generator

Generator utama yang digunakan di AHTS BNI Castor adalah diesel generator, yaitu generator yang mendapatkan dayanya dari *prime mover*. AHTS BNI Castor mempunyai 2 Generator dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk	: LEROY SOMER
Tipe	: ARCB 592
Daya	: 350 kW
Tegangan	: 415 V
Frekuensi	: 50 Hz
Power Factor	: 0.8
Putaran	: 1500 rpm
KVA	: 438 KVA

3. Emergency Generator

Emergency generator yang digunakan di AHTS BNI Castor adalah diesel generator, yaitu generator yang mendapatkan dayanya dari *prime mover*. AHTS BNI Castor mempunyai 1 emergency generator dengan spesifikasi sebagai berikut:

Daya	: 65 kW
Tegangan	: 415 V
Frekuensi	: 50 Hz
Power Factor	: 0.8

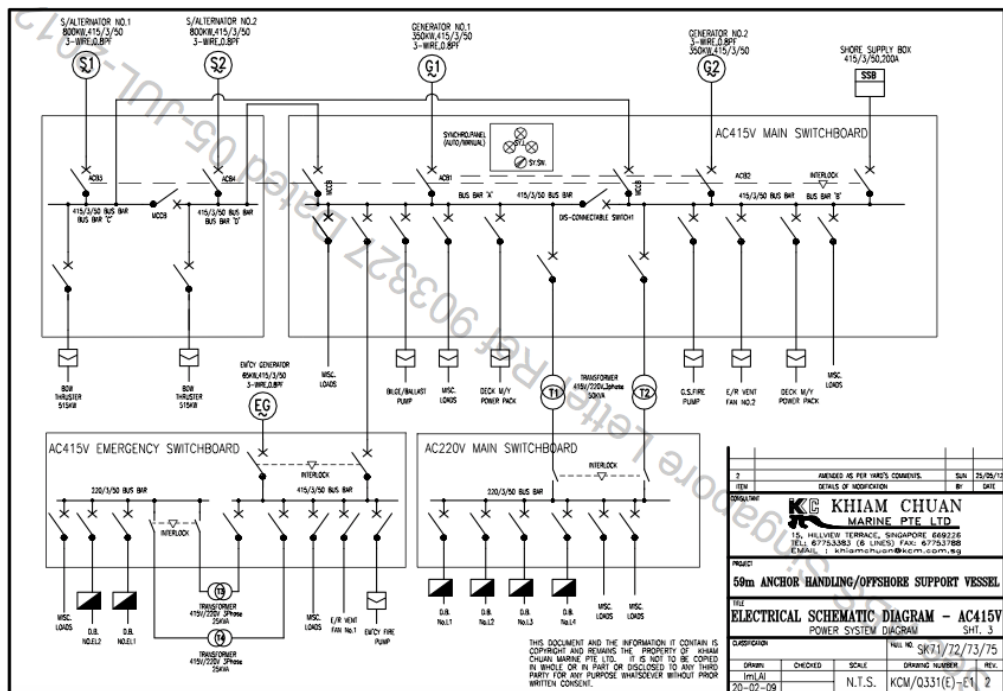
Komponen Beban Listrik

1. Bow thruster

Merk	: ABB Shanghai Motors co., ltd
Tipe	: KT-72B3
Jenis	: Three Phase induction motor
Propeller speed	: 475 rpm
Input speed	: 1450 rpm
Rated power	: 515 kW
Frekuensi	: 50 Hz
Tegangan	: 415 Volt
Fase	: 3 Fase

4.3 Single Line Diagram AHTS BNI Castor

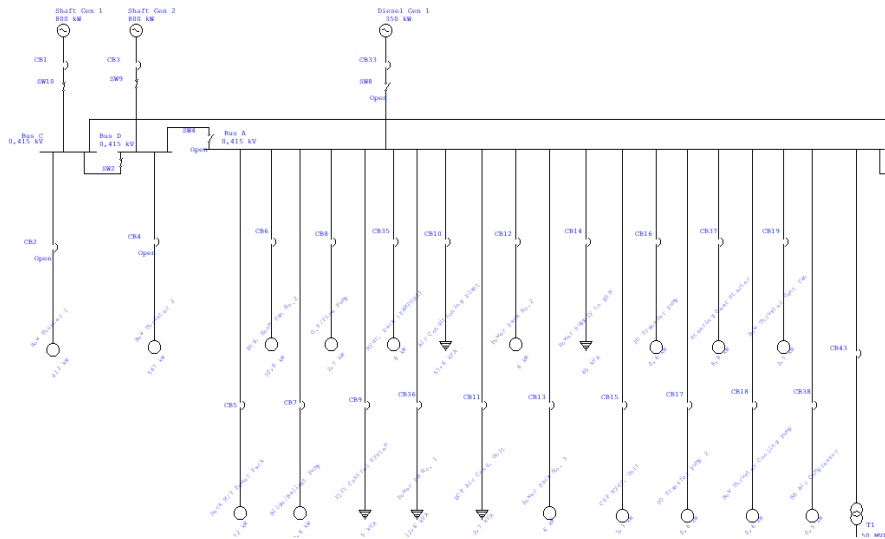
Dalam melakukan simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6.0 salah satu komponen yang harus tersedia adalah *single line diagram*. *Single line diagram* adalah diagram satu garis yang menjelaskan tentang alur persebaran dari pembangkitan sampai ke beban dalam sistem tenaga listrik. Pada *software* ETAP 12.6.0 penulis melakukan *re-drawing single line diagram* agar dapat melakukan simulasi kestabilan transien pada sistem kelistrikan kapal AHTS.



Gambar 4. 2 Single Line Diagram kapal AHTS BNI Castor

Gambar diatas adalah gambaran dari sebagian besar diagram kelistrikan pada kapal AHTS BNI Castor. Secara garis besar, kapal ini disuplai dengan menggunakan 2 diesel generator dan 2 shaft generator untuk mendukung operasionalnya, ditambah dengan 1 unit emergency generator dan *shore connection* untuk keperluan darurat.

Sistem kelistrikan kapal AHTS ini terdiri dari 4 bus utama yang masing-masing terhubung dengan 1 pembangkit tenaga listrik. Semua bus dapat dihubungkan dengan *switch* yang memungkinkan sistem untuk dioperasikan secara paralel. Sejumlah 2 bus digunakan secara independent untuk menyuplai 2 *bow thruster* yang memiliki beban yang besar dan 2 bus sisanya digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik peralatan lainnya di kapal. *Single line diagram* ini kemudian digambar ulang pada software simulasi agar dapat dilakukan simulasi terhadap sistem. Simulasi yang dapat dilakukan di *software* antara lain adalah *load flow analysis*, *transient stability analysis*, *harmonic analysis*, *short circuit analysis*, *motor starting analysis*. Pada tugas akhir ini akan dilakukan simulasi *transient stability analysis* untuk mengetahui kestabilan sistem saat menggunakan *dynamic positioning system*.



Gambar 4. 3 Penggambaran *Single Line Diagram* menggunakan *software* simulasi

Kondisi yang akan disimulasikan adalah kondisi *DP manoeuvring*, yaitu kondisi dimana *dynamic positioning system* diaktifkan untuk melakukan pekerjaan. Kondisi ini dipilih karena pada kondisi ini menuntut penggunaan *bow thruster* sebagai alat bantu olah gerak kapal. Pada kondisi ini akan disimulasikan beberapa kemungkinan penggunaan suplai generator untuk mencari konfigurasi terbaik untuk penggunaan *dynamic positioning system* agar dapat menghemat penggunaan generator sehingga ada generator yang tidak digunakan atau berada dalam kondisi *stand by*.

4.4 Perencanaan Studi Kasus Simulasi Gangguan Transien

Pada simulasi ini dilakukan analisis kestabilan transien dengan beberapa konfigurasi sistem yang mungkin disusun dalam pengoperasian *dynamic positioning system* pada kapal AHTS, berikut adalah beberapa skenario konfigurasi yang akan disimulasikan:

4.4.1 Konfigurasi *Split plant* (2 Generator Thruster)

Pada skenario pertama, sistem kelistrikan akan dikondisikan menjadi konfigurasi *split plant*, yaitu generator thruster 1 digunakan untuk menyuplai *bow thruster* 1 dan generator thruster 2 digunakan untuk menyuplai *bow thruster* 2 (dengan anggapan beban kelistrikan kapal disuplai oleh diesel generator). Konfigurasi ini adalah konfigurasi umum pada kapal dengan *dynamic positioning system*, disusun terpisah agar memberikan redundansi terhadap sistem dengan mengisolasi kerusakan jika terjadi kegagalan dalam pengoperasian sistem.

Analisis yang dilakukan adalah menilai kestabilan sistem ketika dilakukan *starting* pada *bow thruster* dengan variasi pada pembebanan masing-masing *bow thruster*.

Variasi pembebanannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Variasi Pembebanan Skenario 1

No	Thruster 1	Thruster 2
1	Beban 60%	Beban 75%
2	Beban 100%	Beban 80%
3	Beban 100%	Beban 100%
4	Beban 100%	Beban 110%

4.4.2 Konfigurasi *closed bus* 2 Generator Thruster

Pada skenario kedua, sistem kelistrikan dikondisikan dalam konfigurasi *closed bus*, yaitu 2 generator thruster digunakan untuk menyuplai 2 *bow thruster* dengan kondisi *closed bus* pada bus 'C' dan bus 'D', dan 2 disesl generator untuk menyuplai kebutuhan listrik di kapal. Konfigurasi ini lebih rentan terhadap kerusakan namun menawarkan ketersediaan daya yang lebih besar untuk operasional *bow thruster*.

Analisis yang dilakukan adalah menilai kestabilan sistem ketika dilakukan *starting* pada *bow thruster* dengan variasi pada pembebanan masing-masing *bow thruster*.

Variasi pembebanannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Variasi Pembebanan Skenario 2

No	Thruster 1	Thruster 2
1	Beban 60%	Beban 75%
2	Beban 100%	Beban 80%
3	Beban 100%	Beban 100%
4	Beban 100%	Beban 110%

4.4.3 Konfigurasi *split plant* (1 generator thruster)

Pada skenario ketiga, sistem kelistrikan dikondisikan dalam konfigurasi *split plant* antara busbar peyuplai *bow thruster* dengan semua beban listrik di kapal. Konfigurasi disusun dengan menempatkan 1 generator thruster pada *stand by* dan 1 generator thruster digunakan untuk menyuplai operasi *bow thruster*. Kondisi ini merupakan *closed bus* pada bus 'C' dan bus 'D' dan terpisah (*split*) dengan bus 'A' dan bus 'B'. Penyusunan dengan konfigurasi bertujuan untuk menghemat 1 generator dan untuk mengetahui batas tertinggi dari pembebanan *bow thruster* jika disuplai dengan hanya 1 generator thruster.

Analisis yang dilakukan adalah menilai kestabilan system ketika dilakukan *starting* pada *bow thruster* dengan variasi pada pembebanan masing-masing *bow thruster*.

Variasi pembebanannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Variasi Pembebanan Skenario 3

No	Thruster 1	Thruster 2
----	------------	------------

1	Beban 40%	Beban 40%
2	Beban 50%	Beban 50%
3	Beban 60%	Beban 60%

4.4.4 Konfigurasi *Closed bus 2 Generator Thruster, 1 Diesel Generator*

Pada skenario keempat, sistem kelistrikan dikondisikan dalam konfigurasi *closed bus* antara semua beban listrik di kapal. Kondisi ini memungkinkan semua pembangkit untuk menyuplai semua beban listrik di kapal dengan kondisi *closed bus* pada bus 'A', bus 'B', bus 'C', dan bus 'D' namun hanya dengan menggunakan 2 generator thruster ditambah 1 diesel generator sebagai penyuplai daya. Sama seperti konfigurasi sebelumnya, konfigurasi ini menawarkan ketersediaan daya yang lebih besar untuk operasional *bow thruster* namun satu kegagalan dapat mempengaruhi seluruh sistem karena tidak ada pengisolasian.

Analisis yang dilakukan adalah menilai kestabilan sistem ketika dilakukan *starting* pada *bow thruster* dengan variasi pada pembebanan masing-masing *bow thruster*.

Variasi pembebanannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Variasi Pembebanan Skenario 4

No	Thruster 1	Thruster 2
1	Beban 60%	Beban 75%
2	Beban 100%	Beban 80%
3	Beban 100%	Beban 100%
4	Beban 100%	Beban 110%

4.4.5 Konfigurasi *Closed bus 2 Generator Thruster, 2 Diesel Generator*

Pada skenario kelima, sistem kelistrikan dikondisikan dalam konfigurasi *closed bus* antara semua beban listrik di kapal. Kondisi ini memungkinkan semua pembangkit untuk menyuplai semua beban listrik di kapal dengan kondisi *closed bus* pada bus 'A', bus 'B', bus 'C', dan bus 'D' dengan semua generator aktif sebagai penyuplai daya. Konfigurasi ini menawarkan ketersediaan daya yang paling besar dibanding dengan konfigurasi-konfigurasi sebelumnya, namun dengan risiko kegagalan sistem yang paling besar pula karena semua bus terhubung satu sama lain.

Analisis yang dilakukan adalah menilai kestabilan sistem ketika dilakukan *starting* pada *bow thruster* dengan variasi pada pembebanan masing-masing *bow thruster*.

Variasi pembebanannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Variasi Pembebanan Skenario 5

No	Thruster 1	Thruster 2
1	Beban 60%	Beban 75%

2	Beban 100%	Beban 80%
3	Beban 100%	Beban 100%
4	Beban 100%	Beban 110%

4.4.6 Konfigurasi *Closed bus* 1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator

Pada skenario keenam, sistem kelistrikan dikondisikan dalam konfigurasi *closed bus* antara semua beban listrik di kapal. Kondisi ini menggunakan 1 generator thruster dan 2 diesel generator untuk menyuplai semua beban listrik di kapal dengan kondisi *closed bus* pada bus 'A', bus 'B', bus 'C', dan bus 'D'.

Analisis yang dilakukan adalah menilai kestabilan system ketika dilakukan *starting* pada *bow thruster* dengan variasi pada pembebanan masing-masing *bow thruster*.

Variasi pembebanannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Variasi Pembebanan Skenario 6

No	Thruster 1	Thruster 2
1	Beban 75%	Beban 75%
2	Beban 80%	Beban 80%
3	Beban 85%	Beban 85%

4.4.7 Konfigurasi *closed bus* 1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator dengan *Load Shedding*

Skenario ini pada umumnya sama saja dengan skenario keenam, namun ditambahkan dengan skema pelepasan beban (*load shedding*). Skema pelepasan beban ini ditambahkan untuk memaksimalkan pembebanan *bow thruster* ketika menggunakan konfigurasi 1 generator thruster dan 2 diesel generator.

Variasi pembebanannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Variasi Pembebanan Skenario 7

No	Thruster 1	Thruster 2
1	Beban 80%	Beban 80%
2	Beban 85%	Beban 85%
3	Beban 90%	Beban 90%

Untuk melihat lebih jelas perbedaan dari masing-masing skenario, berikut tabel yang menjelaskan perbedaannya:

Tabel 4. 8 Penjelasan Suplai dan Beban per Skenario

Skenario	Suplai Daya	Beban Listrik	Variasi Daya
1	2 Generator Thruster (<i>Split plant</i>)	2 <i>Bow thruster</i>	60% - 75% 100% - 80% 100% - 100% 110% - 110%
2	2 Generator Thruster (<i>Closed bus</i>)	2 <i>Bow thruster</i>	60% - 75% 100% - 80% 100% - 100% 110% - 110%
3	1 Generator Thruster (<i>Split plant</i>)	2 <i>Bow thruster</i>	40% - 40% 50% - 50% 60% - 60%
4	2 Generator Thruster, 1 Diesel Generator (<i>Closed bus</i>)	2 <i>Bow thruster</i> & Semua beban di kapal	60% - 75% 100% - 80% 100% - 100% 110% - 110%
5	2 Generator Thruster, 2 Diesel Generator (<i>Closed bus</i>)	2 <i>Bow thruster</i> & Semua beban di kapal	60% - 75% 100% - 80% 100% - 100% 110% - 110%
6	1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator (<i>Closed bus</i>)	2 <i>Bow thruster</i> & Semua beban di kapal	75% - 75% 80% - 80% 85% - 85%
7	1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator (<i>Closed bus</i>)	2 <i>Bow thruster</i> & Beban Esensial	80% - 80% 85% - 85% 90% - 90%

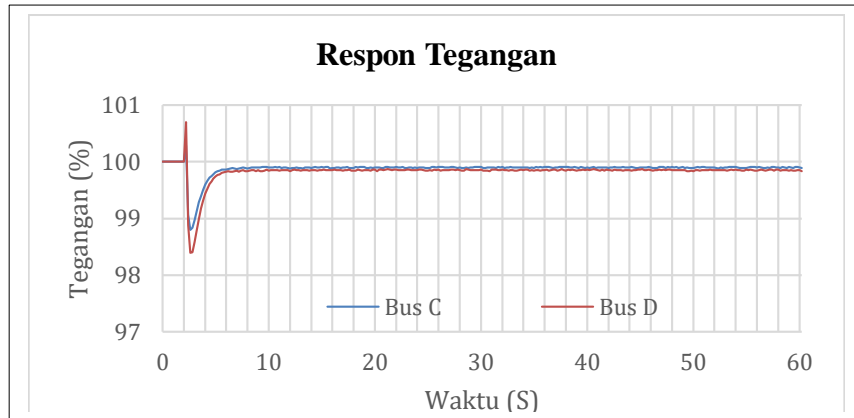
4.5 Hasil Simulasi Kestabilan Transien

Pada simulasi ini dilakukan analisis kestabilan transien dengan beberapa kasus yang mungkin terjadi dalam pengoperasian kapal AHTS, berikut adalah beberapa studi kasus yang akan disimulasikan:

4.5.1 Konfigurasi *Split plant* (2 Generator Thruster)

Beban 60% - 75%

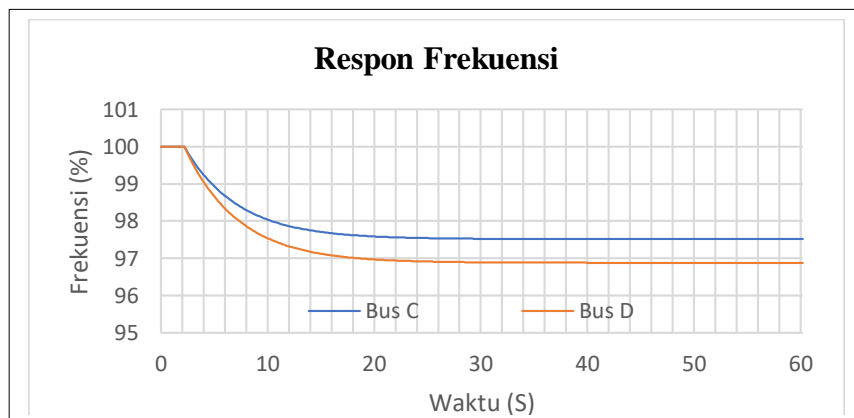
Pada skenario pertama variasi 1, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 60% dan 75% dengan waktu total simulasi 60 detik. Kedua bus baik bus C dan bus D mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.1 dan grafik 4.2



Grafik 4. 1 Respon Tegangan Skenario 1 Variasi 1

Pada bus C, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,4 detik dengan nilai tertinggi 100,29% pada detik 2,01 dan nilai terendah 98,79% pada detik 2,41 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,9%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

Sedangkan pada bus D, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,4 detik dengan nilai tertinggi 100,7% pada detik 2,01 dan nilai terendah 98,39% pada detik 2,41 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.



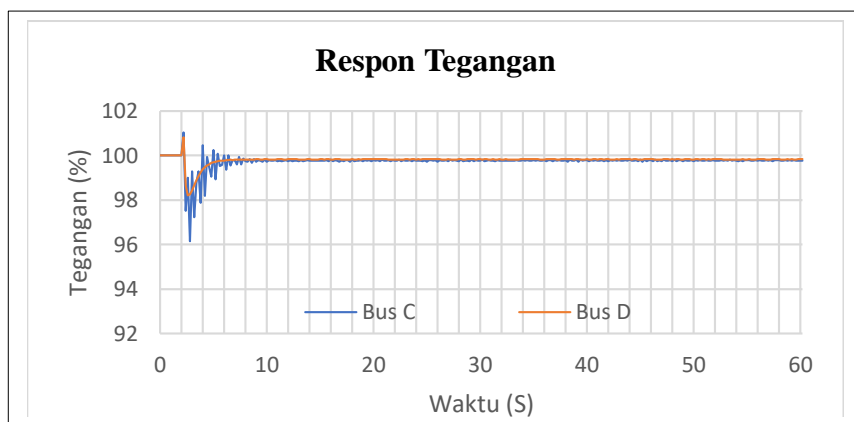
Grafik 4. 2 Respon Frekuensi Skenario 1 Variasi 1

Respon frekuensi pada bus C menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 97,51% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Sedangkan respon frekuensi pada bus D menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 96,87% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi

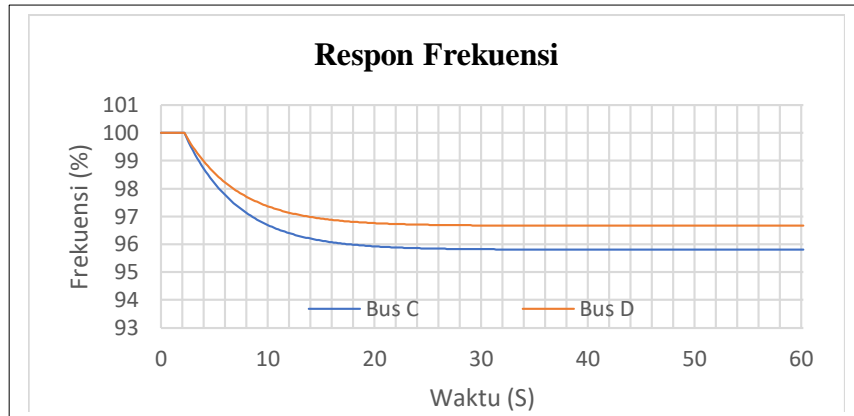
Beban 100% - 80%

Pada skenario pertama variasi 2, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 100% dan 80% dengan waktu total simulasi 60 detik. Kedua bus baik bus C dan bus D mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan respon frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.3 dan grafik 4.4.



Grafik 4. 3 Respon Tegangan Skenario 1 Variasi 2

Pada bus C, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 101,04% pada detik 2,01 dan nilai terendah 96,15% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil. Sedangkan pada bus D, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,4 detik dengan nilai tertinggi 100,81% pada detik 2,01 dan nilai terendah 98,21% pada detik 2,41 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.



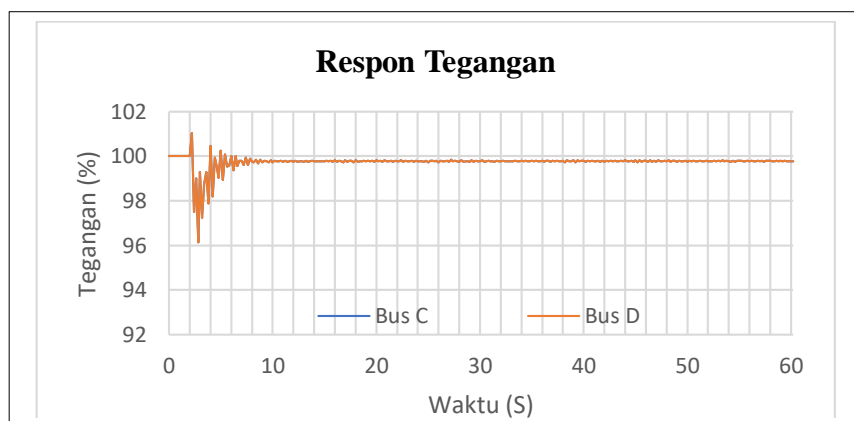
Grafik 4. 4 Respon Frekuensi Skenario 1 Variasi 2

Respon frekuensi pada bus C menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 95,8% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Sedangkan respon frekuensi pada bus D menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 96,66% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Beban 100% - 100%

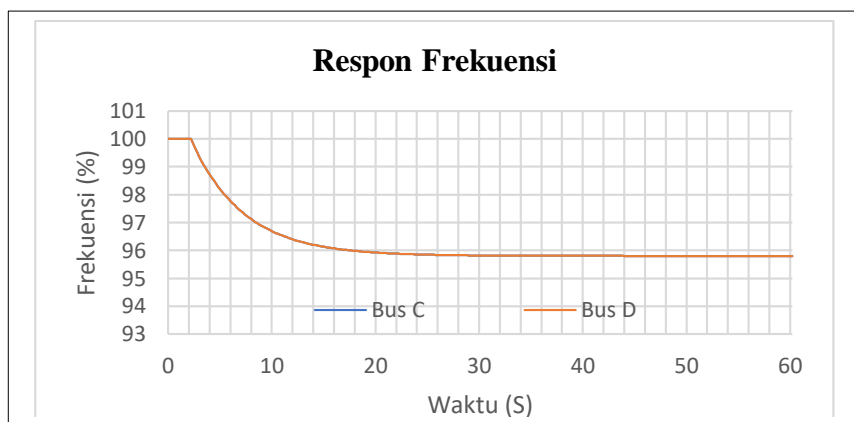
Pada skenario pertama variasi 3, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 100% dan 100% dengan waktu total simulasi 60 detik. Kedua bus baik bus C dan bus D mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan respon frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.5 dan grafik 4.6.



Grafik 4. 5 Respon Tegangan Skenario 1 Variasi 3

Pada bus C, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 101,04% pada detik 2,01 dan nilai terendah 96,15% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

Sedangkan pada bus D, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 101,04% pada detik 2,01 dan nilai terendah 96,15% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.



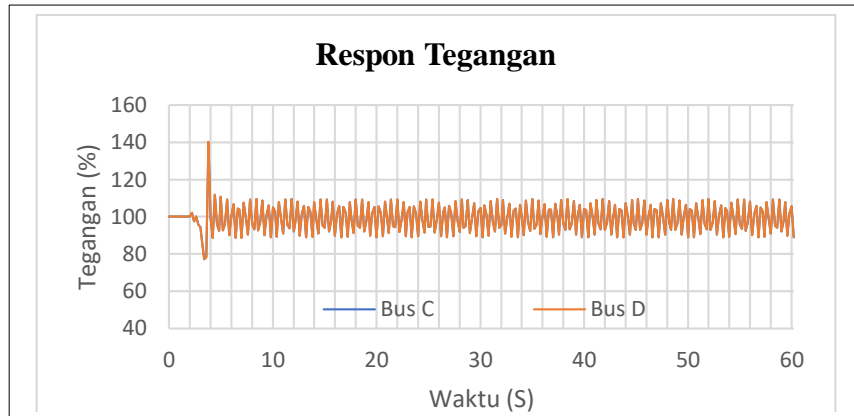
Grafik 4. 6 Respon Frekuensi Skenario 1 Variasi 3

Respon frekuensi pada bus C menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 95,8% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Sedangkan respon frekuensi pada bus D menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 95,8% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi

Beban 110% - 110%

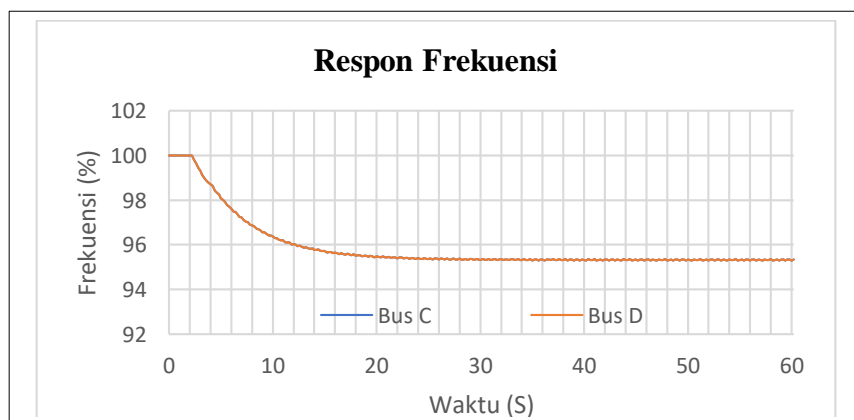
Pada skenario pertama variasi 4, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 110% dan 110% dengan waktu total simulasi 60 detik. Kedua bus baik bus C dan bus D mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan respon frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.7 dan grafik 4.8.



Grafik 4. 7 Respon Tegangan Skenario 1 Variasi 4

Pada bus C, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan mengalami naik turun mulai dari detik ke 2,01 lalu mengalami penurunan drastis ke nilai 77,14% pada detik ke 3,21 lalu melonjak drastis mencapai titik 140,3% pada detik ke 3,61. Kondisi ini tidak sesuai dengan standar ABS yang menyatakan toleransi nilai tegangan pada kondisi transien hanya diperbolehkan sampai dengan 20% di atas maupun di bawah kondisi stabil dan juga *recovery time* sepanjang 1,5 detik tidak dapat dipenuhi oleh sistem. Selain itu sistem juga tidak dapat mencapai keadaan stabil karena tegangan terus berosilasi diantara nilai 104,35% dan 88,82% sepanjang simulasi berlangsung.

Sedangkan pada bus D, terjadi kondisi transien yang serupa akibat starting *bow thruster* dimana tegangan mengalami naik turun mulai dari detik ke 2,01 lalu mengalami penurunan drastis ke nilai 77,14% pada detik ke 3,21 lalu melonjak drastis mencapai titik 140,3% pada detik ke 3,61. Kondisi ini tidak sesuai dengan standar ABS yang menyatakan toleransi nilai tegangan pada kondisi transien hanya diperbolehkan sampai dengan 20% di atas maupun di bawah kondisi stabil dan juga *recovery time* sepanjang 1,5 detik tidak dapat dipenuhi oleh sistem. Selain itu sistem juga tidak dapat mencapai keadaan stabil karena tegangan terus berosilasi diantara nilai 104,35% dan 88,82% sepanjang simulasi berlangsung.



Grafik 4. 8 Respon Frekuensi Skenario 1 Variasi 4

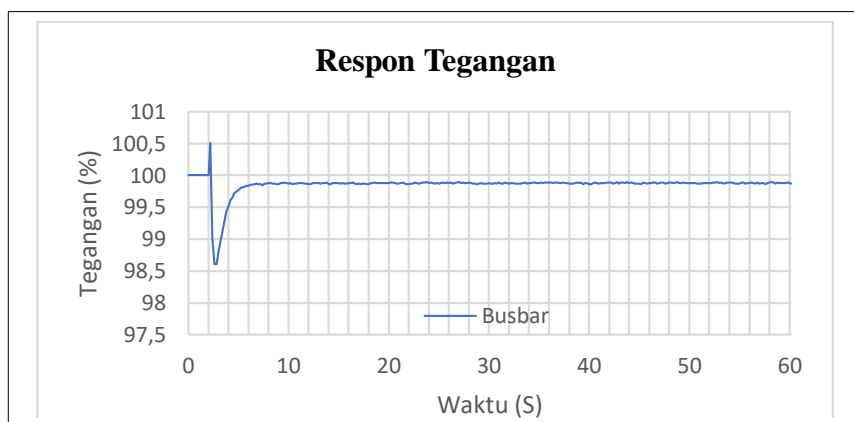
Respon frekuensi pada bus C menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 95,31% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Sedangkan respon frekuensi pada bus D menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 95,31% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

4.5.2 Konfigurasi *closed bus 2* Generator Thruster

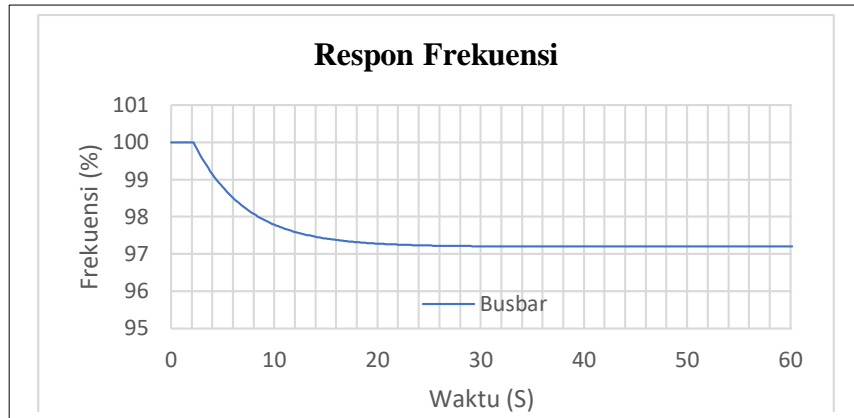
Beban 60% - 75%

Pada skenario kedua variasi 1, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 60% dan 75% dengan waktu total simulasi 60 detik. Bus C dan bus D yang terhubung dengan *switch* mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.9 dan grafik 4.10.



Grafik 4. 9 Respon Tegangan Skenario 2 Variasi 1

Pada bus yang terhubung terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,4 detik dengan nilai tertinggi 100,51% pada detik 2,01 dan nilai terendah 98,6% pada detik 2,41 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

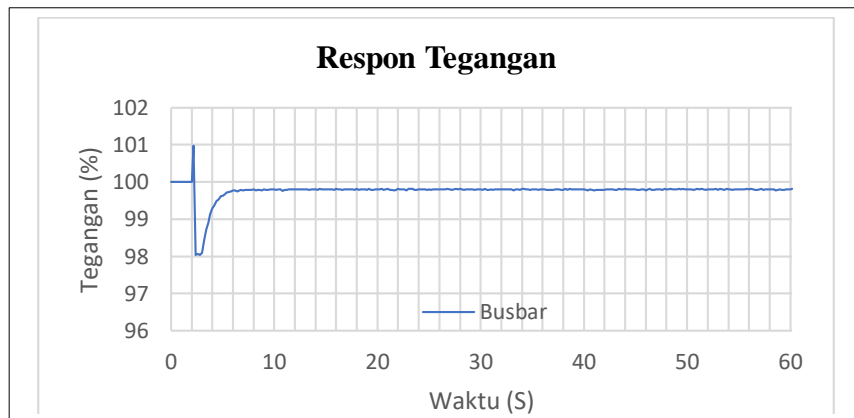


Grafik 4. 10 Respon Frekuensi Skenario 2 Variasi 1

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 97,19% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Beban 100% - 80%

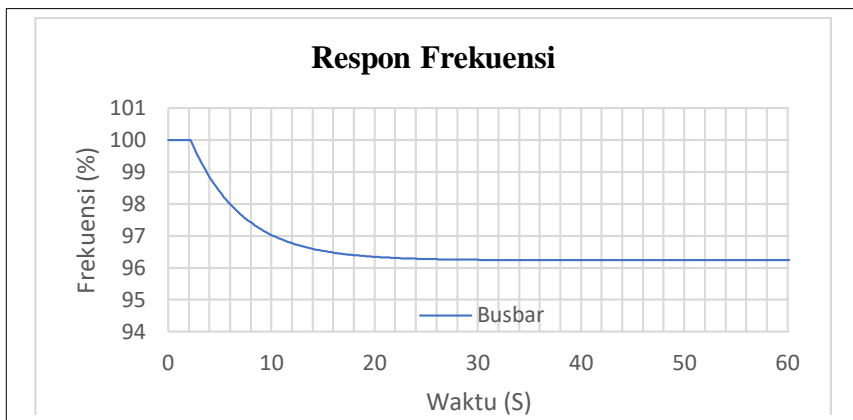
Pada skenario kedua variasi 2, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 100% dan 80% dengan waktu total simulasi 60 detik. Bus C dan bus D yang terhubung dengan *switch* mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.11 dan grafik 4.12.



Grafik 4. 11 Respon Tegangan Skenario 2 Variasi 2

Pada bus yang terhubung terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 100,97% pada detik 2,01 dan nilai terendah 98,04% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan

tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

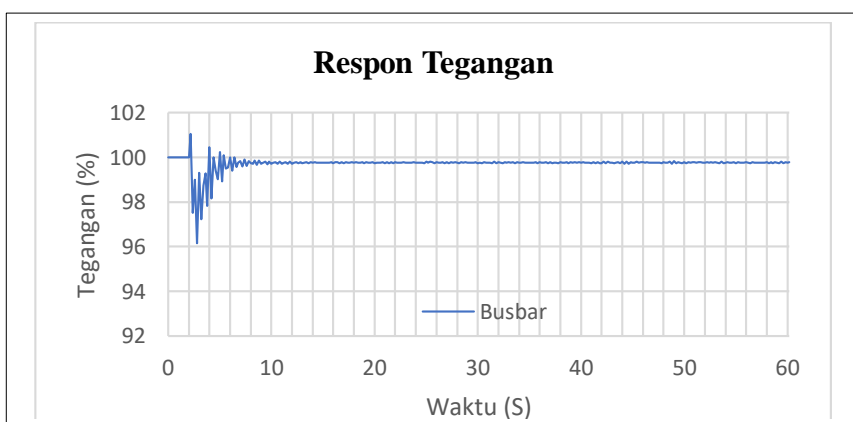


Grafik 4. 12 Respon Frekuensi Skenario 2 Variasi 2

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 96,23% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Beban 100% - 100%

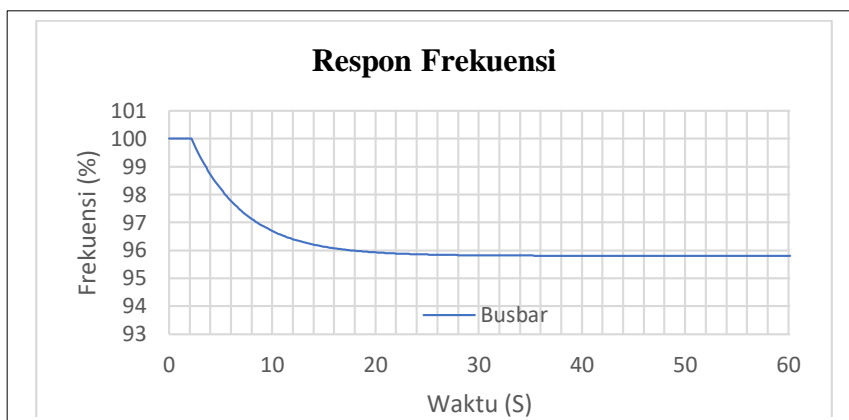
Pada skenario kedua variasi 3, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 100% dan 100% dengan waktu total simulasi 60 detik. Bus C dan bus D yang terhubung dengan *switch* mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.13 dan grafik 4.14.



Grafik 4. 13 Respon Tegangan Skenario 2 Variasi 3

Pada bus yang terhubung terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai

tertinggi 101,04% pada detik 2,01 dan nilai terendah 96,15% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,7%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

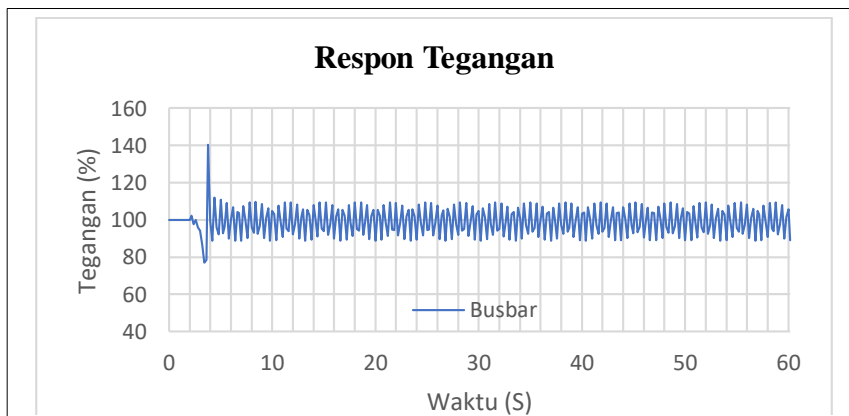


Grafik 4. 14 Respon Frekuensi Skenario 2 Variasi 3

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 95,8% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

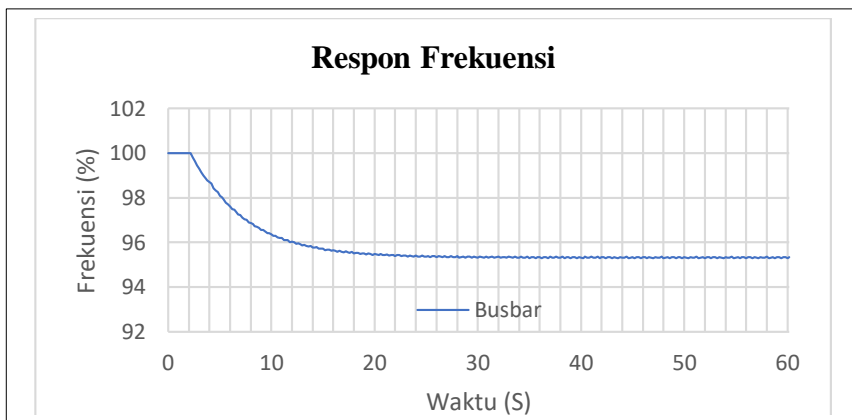
Beban 110% - 110%

Pada skenario kedua variasi 4, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 110% dan 110% dengan waktu total simulasi 60 detik. Bus C dan bus D yang terhubung dengan *switch* mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.15 dan grafik 4.16.



Grafik 4. 15 Respon Tegangan Skenario 2 Variasi 4

Pada bus yang terhubung terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan mengalami naik turun mulai dari detik ke 2,01 lalu mengalami penurunan drastis ke nilai 77,14% pada detik ke 3,21 lalu melonjak drastis mencapai titik 140,3% pada detik ke 3,61. Kondisi ini tidak sesuai dengan standar ABS yang menyatakan toleransi nilai tegangan pada kondisi transien hanya diperbolehkan sampai dengan 20% di atas maupun di bawah kondisi stabil dan juga *recovery time* sepanjang 1,5 detik tidak dapat dipenuhi oleh sistem. Selain itu sistem juga tidak dapat mencapai keadaan stabil karena tegangan terus berosilasi diantara nilai 111,98% dan 88,66% sepanjang simulasi berlangsung.



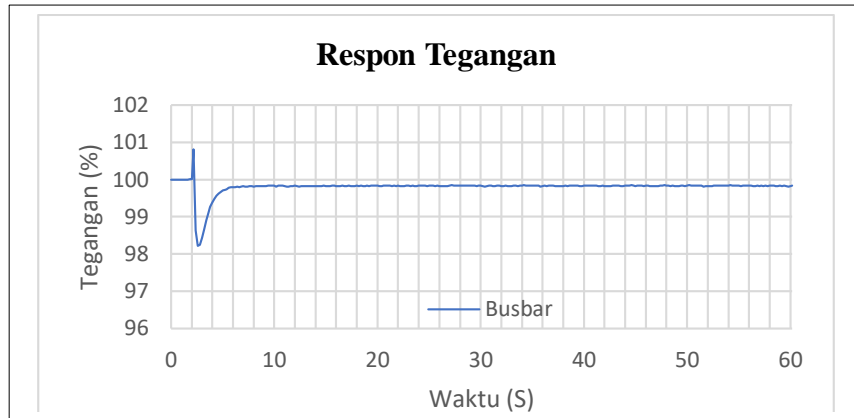
Grafik 4. 16 Respon Frekuensi Skenario 2 Variasi 4

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 95,33% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

4.5.3 Konfigurasi *Split plant* (1 Generator Thruster)

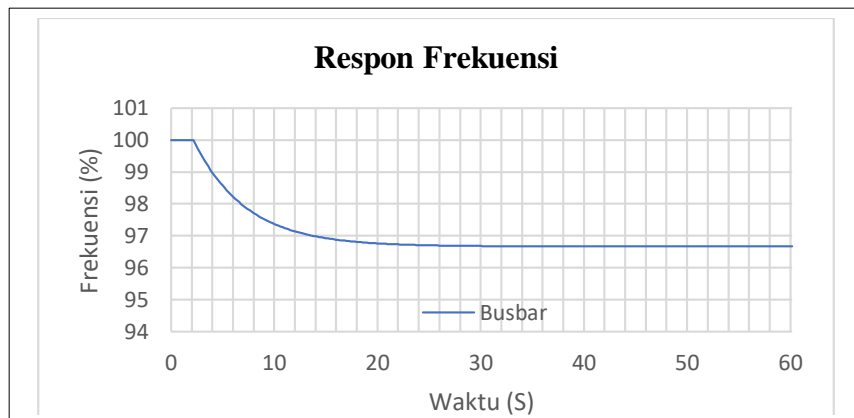
Beban 40% - 40%

Pada skenario ketiga variasi 1 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 40% dan 40% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario keempat ini bus C dan bus D dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 1 generator thruster sedangkan beban lainnya di kapal disuplai oleh diesel generator. Bus C dan bus D yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.17 dan grafik 4.18.



Grafik 4. 17 Respon Tegangan Skenario 3 Variasi 1

Pada bus C dan bus D yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,4 detik dengan nilai tertinggi 100,81% pada detik 2,01 dan nilai terendah 98,21% pada detik 2,41 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

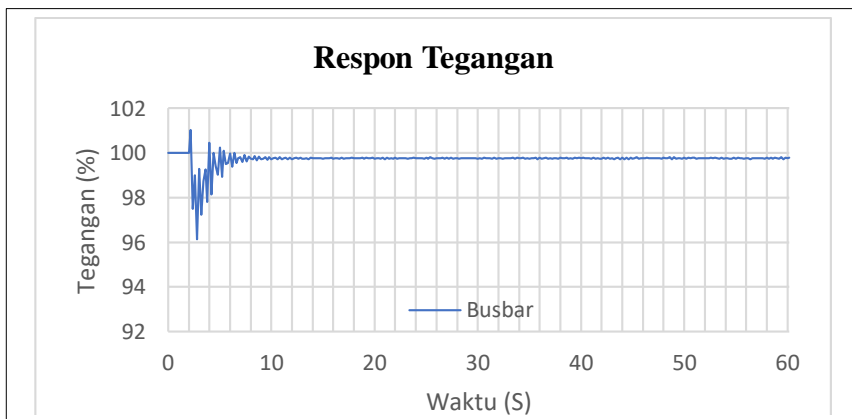


Grafik 4. 18 Respon Frekuensi Skenario 3 Variasi 1

Respon frekuensi pada bus C dan bus D yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 96,66% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

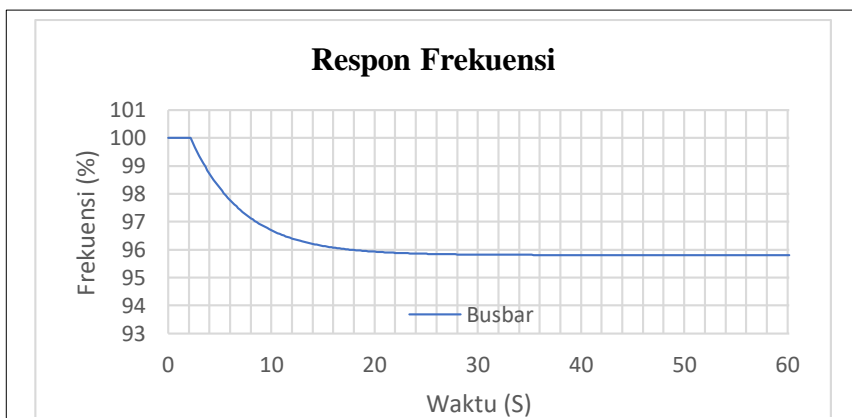
Beban 50% - 50%

Pada skenario ketiga variasi 2 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 50% dan 50% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario keempat ini bus C dan bus D dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 1 generator thruster sedangkan beban lainnya di kapal disuplai oleh diesel generator. Bus C dan bus D yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.19 dan grafik 4.20.



Grafik 4. 19 Respon Frekuensi Skenario 3 Variasi 2

Pada bus C dan D yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 101,04% pada detik 2,01 dan nilai terendah 96,15% pada detik 2,61 lalu mengalami naik turun namun tidak menyentuh titik terendah. Kemudian sistem dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,7%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

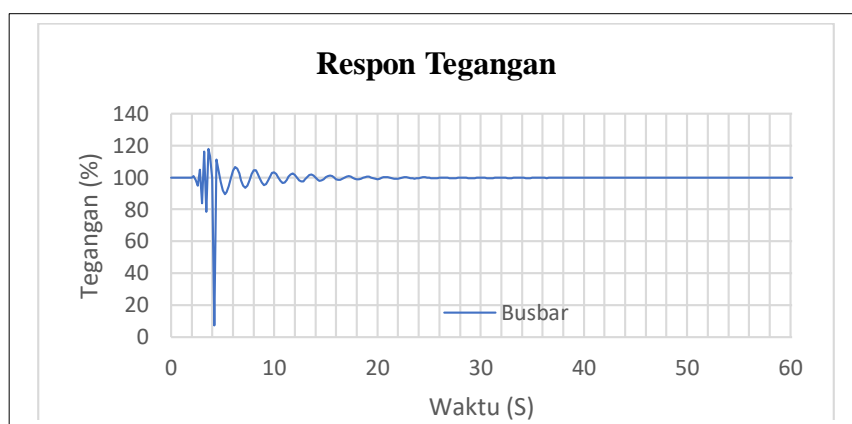


Grafik 4. 20 Respon Frekuensi Skenario 3 Variasi 2

Respon frekuensi pada bus C dan bus D yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 95,80% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

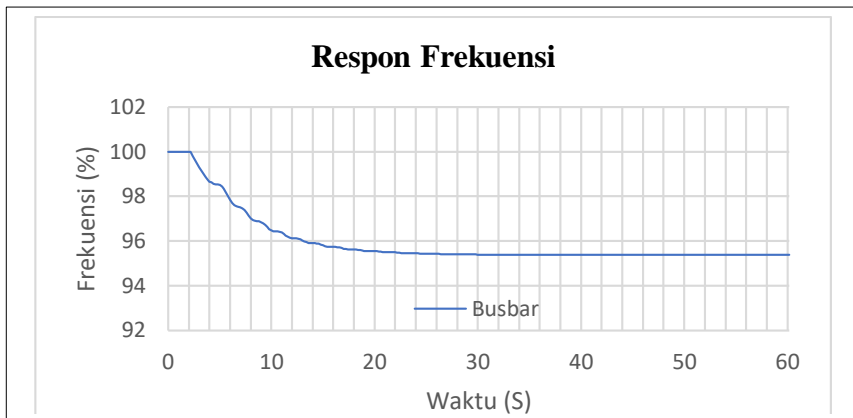
Beban 60% - 60%

Pada skenario ketiga variasi 3 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 60% dan 60% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario keempat ini bus C dan bus D dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 1 generator thruster sedangkan beban lainnya di kapal disuplai oleh diesel generator. Bus C dan bus D yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.21 dan grafik 4.22.



Grafik 4. 21 Respon Tegangan Skenario 3 Variasi 3

Pada bus C dan D yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan mengalami naik turun yang cukup besar sebelum mencapai nilai tertinggi 118,03% pada detik 3,41 dan nilai terendah 7,09% pada detik 4,01 lalu mengalami osilasi diantara nilai 106,56% sampai dengan 93,56%. Kemudian sistem dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,7%. Pada kondisi ini simpangan tegangan tidak sesuai dengan standar ABS yang menyatakan toleransi nilai tegangan pada kondisi transien diperbolehkan sampai dengan 20% di atas maupun di bawah kondisi stabil, sistem ini tidak dapat memenuhi *recovery time* sepanjang 1,5 detik sehingga sistem terus mengalami osilasi tegangan sebelum mencapai kondisi stabil pada detik ke 30.



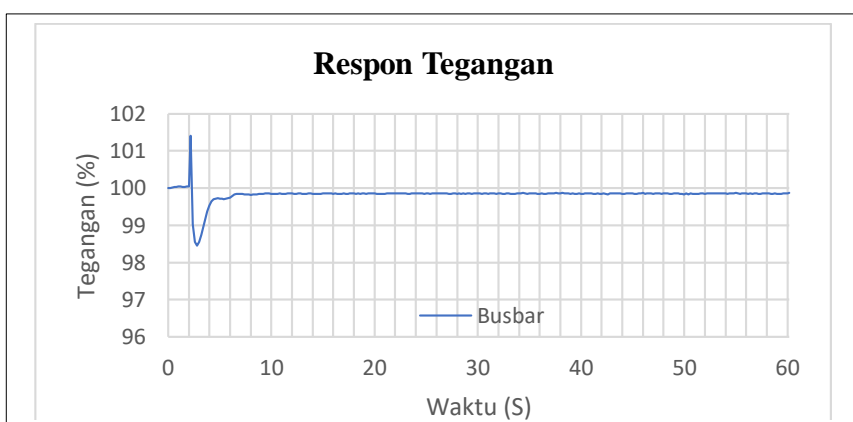
Grafik 4. 22 Respon Frekuensi Skenario 3 Variasi 3

Respon frekuensi pada bus C dan bus D yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 95,37% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

4.5.4 Konfigurasi *Closed bus 2* Generator Thruster, 1 Diesel Generator

Beban 60% - 75%

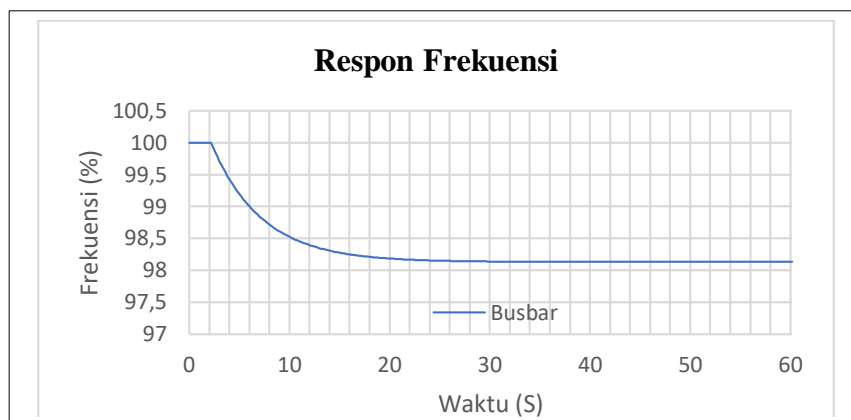
Pada skenario keempat variasi 1 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 60% dan 75% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario ketiga ini semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 2 generator thruster dan 1 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan yang ditunjukkan oleh grafik 4.23 dan grafik 4.24.



Grafik 4. 23 Respon Tegangan Skenario 4 Variasi 1

Pada bus yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai

tertinggi 101,4% pada detik 2,01 dan nilai terendah 98,45% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

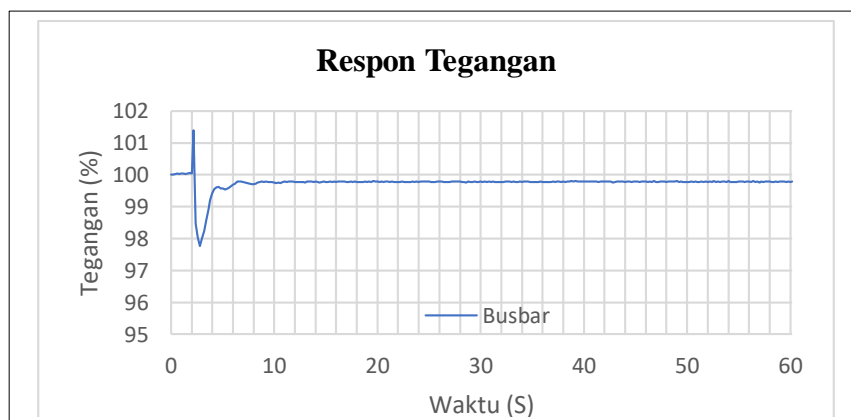


Grafik 4. 24 Respon Frekuensi Skenario 4 Variasi 1

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 98,13% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

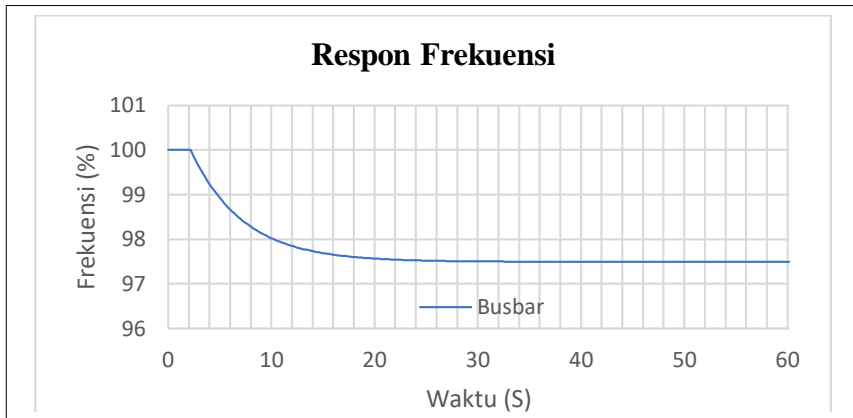
Beban 100% - 80%

Pada skenario keempat variasi 2 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 100% dan 80% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario ketiga ini semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 2 generator thruster dan 1 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan yang ditunjukkan oleh grafik 4.25 dan grafik 4.26.



Grafik 4. 25 Respon Tegangan Skenario 4 Variasi 2

Pada bus yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 101,39% pada detik 2,01 dan nilai terendah 97,77% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,7%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

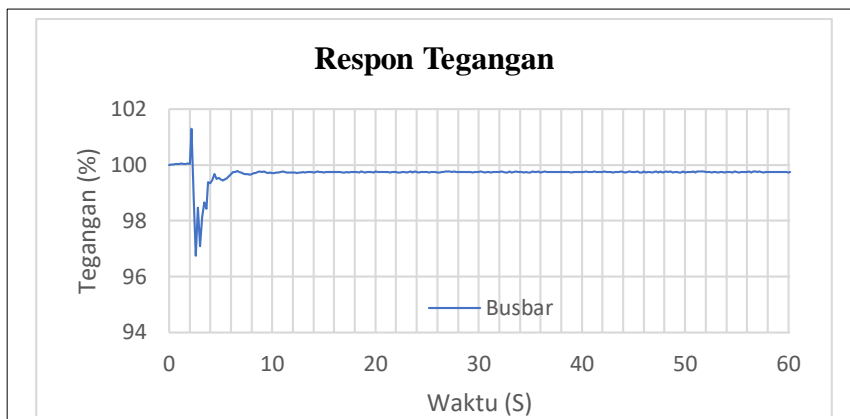


Grafik 4. 26 Respon Frekuensi Skenario 4 Variasi 2

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 97,49% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

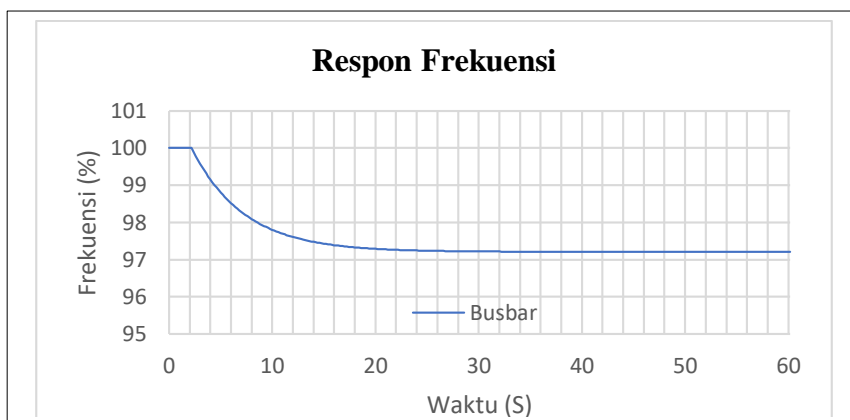
Beban 100% - 100%

Pada skenario keempat variasi 3 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 100% dan 100% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario ketiga ini semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 2 generator thruster dan 1 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan yang ditunjukkan oleh grafik 4.27 dan grafik 4.28.



Grafik 4. 27 Respon Tegangan Skenario 4 Variasi 3

Pada bus yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,4 detik dengan nilai tertinggi 101,29% pada detik 2,01 dan nilai terendah 96,75% pada detik 2,41 lalu naik turun kembali namun tidak mencapai titik terendah. Lalu sistem dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,7%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.



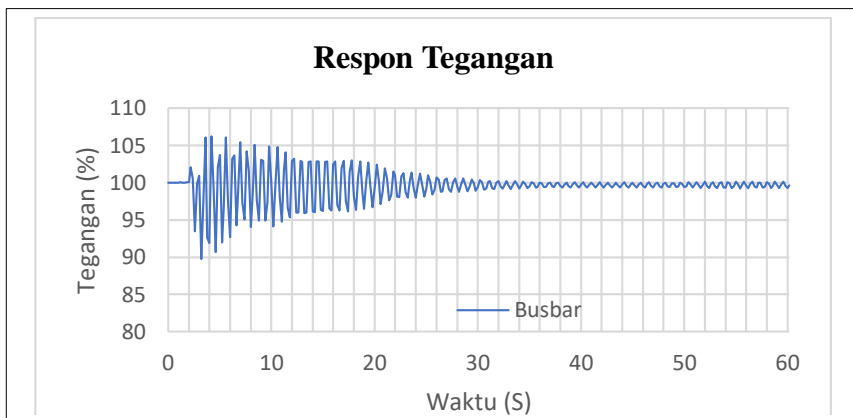
Grafik 4. 28 Respon Frekuensi Skenario 4 Variasi 3

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 97,21% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Beban 110% - 110%

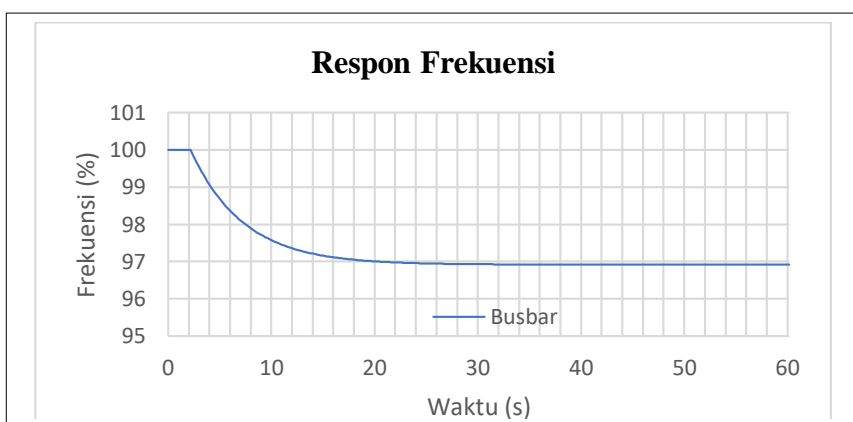
Pada skenario keempat variasi 4 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 110% dan 110% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario ketiga ini semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 2 generator thruster dan 1 diesel generator. Semua bus

yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan yang ditunjukkan oleh grafik 4.29 dan grafik 4.30.



Grafik 4. 29 Respon Tegangan Skenario 4 Variasi 4

Pada bus yang terhubung terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan mengalami naik turun mulai dari detik ke 2,01 hingga menyentuh nilai terendah di titik 89,77% pada detik ke 3,01 lalu dan nilai tertinggi di titik 106,22% pada detik ke 4,01. Untuk nilai naik turunnya tegangan masih diperbolehkan menurut standar ABS yang menyatakan toleransi nilai tegangan pada kondisi transien diperbolehkan sampai dengan 20% di atas maupun di bawah kondisi stabil, namun sistem ini tidak dapat memenuhi *recovery time* sepanjang 1,5 detik sehingga sistem terus mengalami osilasi tegangan sepanjang simulasi. Selain itu sistem juga tidak dapat mencapai keadaan stabil karena tegangan terus berosilasi sepanjang simulasi dengan nilai diantara 106,1% dan 94,08% walaupun mendekati akhir simulasi simpangan ini menjadi lebih kecil dengan nilai diantara 100,16% dan 99,26%



Grafik 4. 30 Respon Frekuensi Skenario 4 Variasi 4

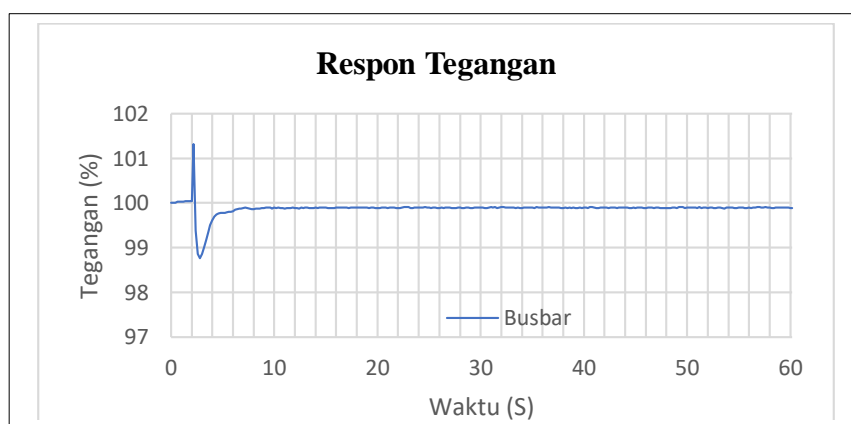
Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai

96,92% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

4.5.5 Konfigurasi *Closed bus* 2 Generator Thruster, 2 Diesel Generator

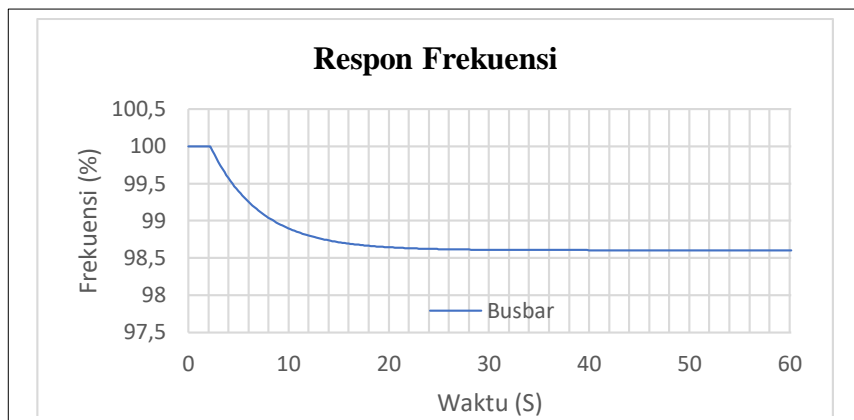
Beban 60% - 75%

Pada skenario kelima variasi 1 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 60% dan 75% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario keempat ini semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 2 generator thruster dan 2 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.31 dan 4.32.



Grafik 4. 31 Respon Tegangan Skenario 5 Variasi 1

Pada bus yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 101,31% pada detik 2,01 dan nilai terendah 98,77% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

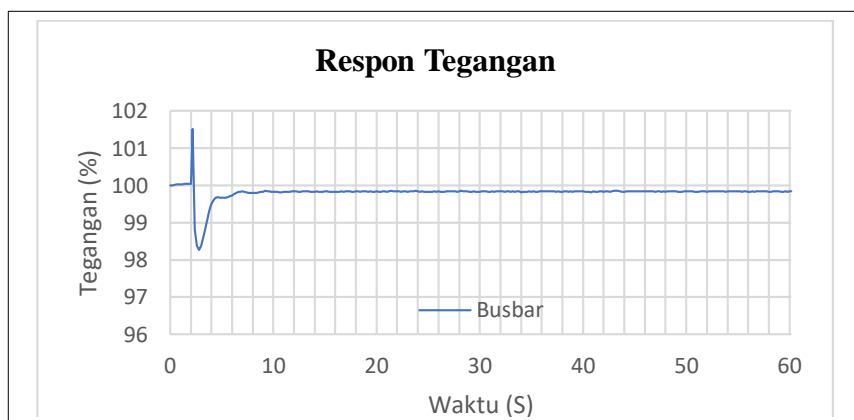


Grafik 4. 32 Respon Frekuensi Skenario 5 Variasi 1

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 98,6% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Beban 100% - 80%

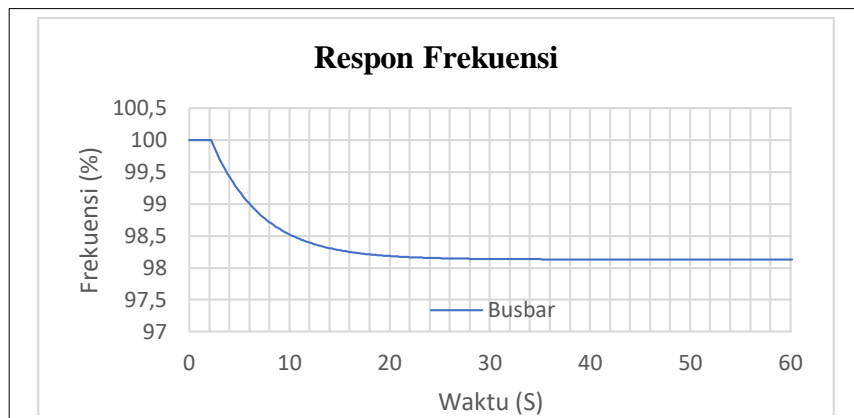
Pada skenario kelima variasi 2 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 100% dan 80% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario keempat ini semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 2 generator thruster dan 2 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.33 dan grafik 4.34.



Grafik 4. 33 Respon Tegangan Skenario 5 Variasi 2

Pada bus yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 101,52% pada detik 2,01 dan nilai terendah 98,27% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan

tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

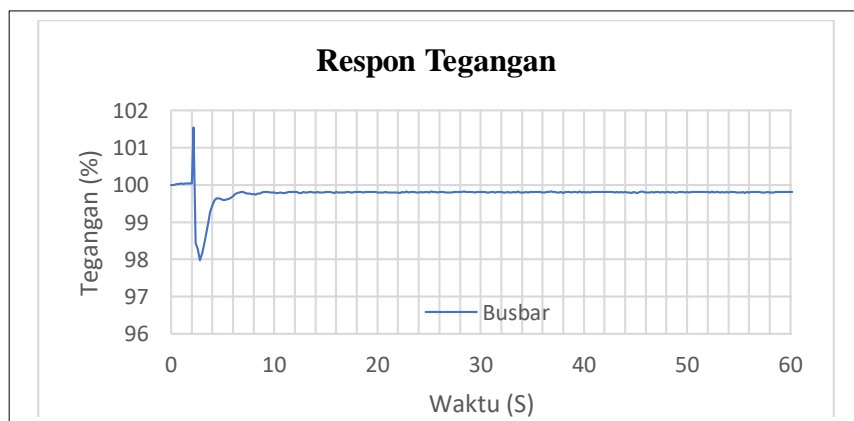


Grafik 4. 34 Respon Frekuensi Skenario 5 Variasi 2

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 98,13% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

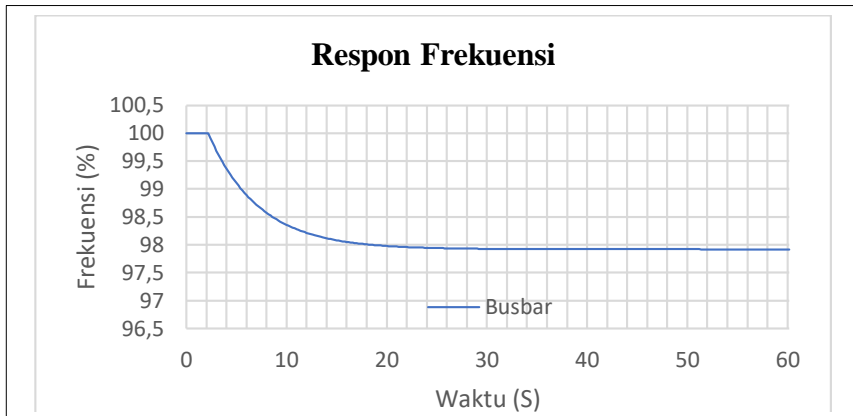
Beban 100% - 100%

Pada skenario kelima variasi 3 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 100% dan 100% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario keempat ini semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 2 generator thruster dan 2 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.35 dan grafik 4.36.



Grafik 4. 35 Respon Tegangan Skenario 5 Variasi 3

Pada bus yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 101,55% pada detik 2,01 dan nilai terendah 97,97% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,8%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

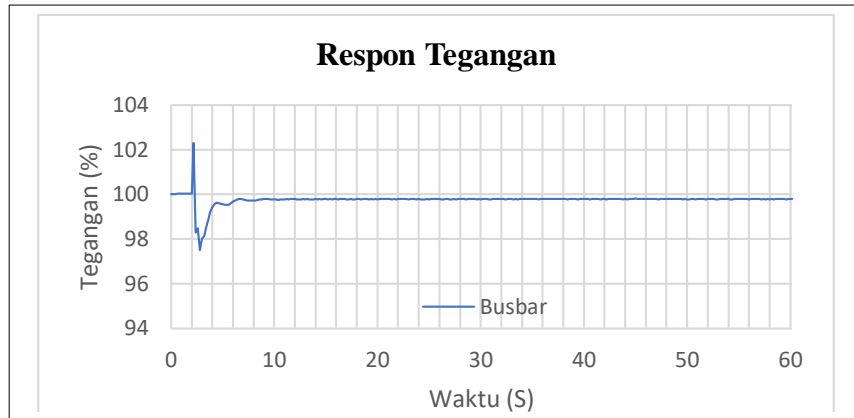


Grafik 4. 36 Respon Frekuensi Skenario 5 Variasi 3

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 97,92% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

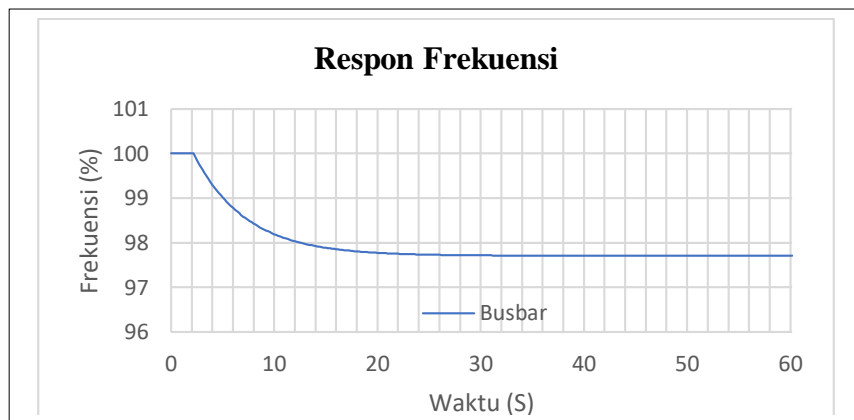
Beban 110% - 110%

Pada skenario kelima variasi 4 disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 110% dan 110% dengan waktu total simulasi 60 detik. Pada skenario keempat ini semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 2 generator thruster dan 2 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan oleh grafik 4.37 dan grafik 4.38.



Grafik 4. 37 Respon Tegangan Skenario 5 Variasi 4

Pada bus yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 102,31% pada detik 2,01 dan nilai terendah 97,51% pada detik 2,61 kemudian dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,7%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.



Grafik 4. 38 Respon Frekuensi Skenario 5 Variasi 4

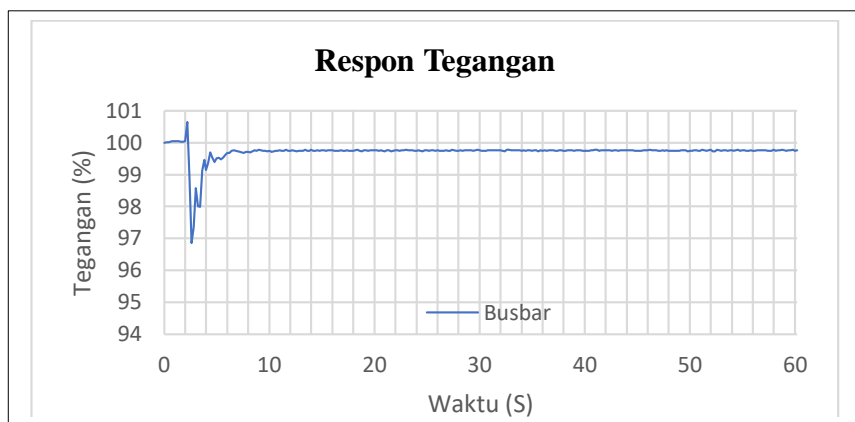
Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 97,71% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

4.5.6 Konfigurasi *closed bus* 1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator

Beban 75% - 75%

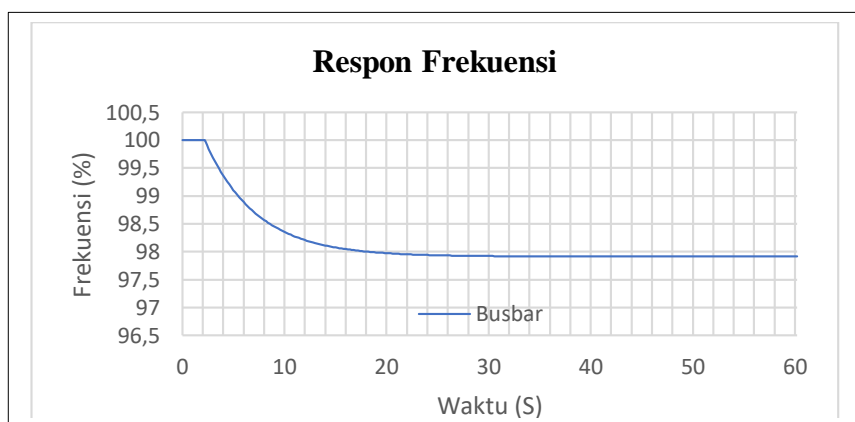
Pada skenario keenam variasi 1, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 75% dan 75% dengan

waktu total simulasi 60 detik. Semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 1 generator thruster dan 2 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan yang ditunjukkan oleh grafik 4.39 dan grafik 4.40.



Grafik 4. 39 Respon Tegangan Skenario 6 Variasi 1

Pada semua bus yang terhubung, terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan naik dan kemudian turun dalam rentang waktu 0,6 detik dengan nilai tertinggi 100,65% pada detik 2,01 dan nilai terendah 96,85% pada detik 2,41 lalu mengalami naik turun namun tidak menyentuh titik terendah. Kemudian sistem dapat mencapai kondisi steady state pada nilai 99,7%. Pada kondisi ini nilai simpangan tegangan dan kondisi stabilnya telah memenuhi standar sehingga kondisi ini dapat digolongkan stabil.

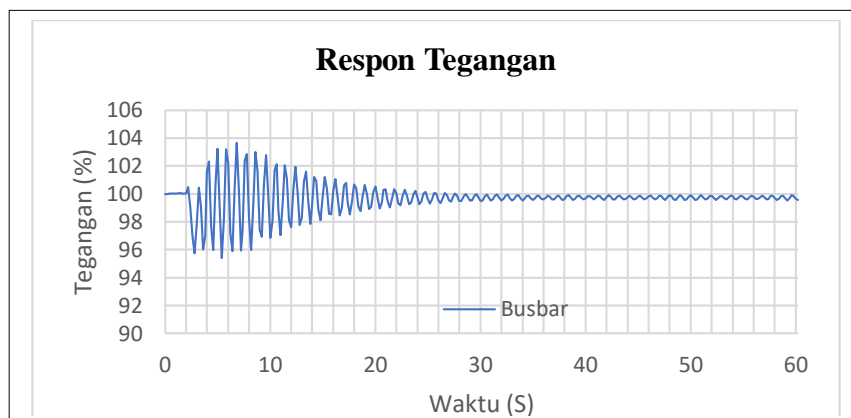


Grafik 4. 40 Respon Frekuensi Skenario 6 Variasi 1

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 97,92% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

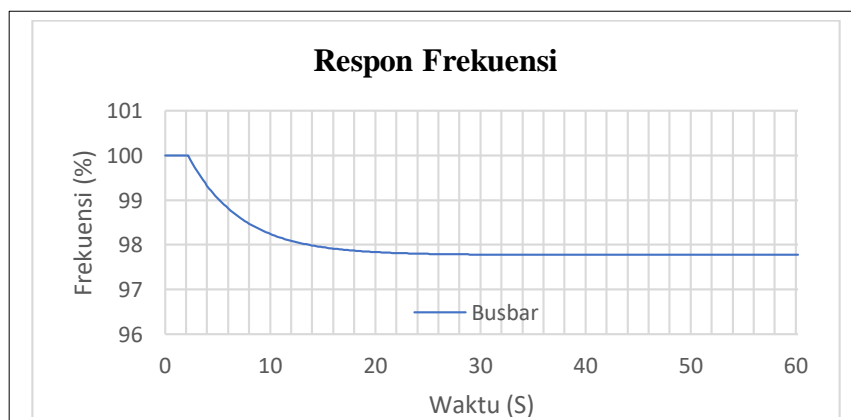
Beban 80% - 80%

Pada skenario keenam variasi 1, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 80% dan 80% dengan waktu total simulasi 60 detik. Semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 1 generator thruster dan 2 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan yang ditunjukkan oleh grafik 4.41 dan grafik 4.42.



Grafik 4. 41 Respon Tegangan Skenario 6 Variasi 2

Pada bus yang terhubung terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan mengalami naik turun mulai dari detik ke 2,01 hingga menyentuh nilai terendah di titik 95,39% pada detik ke 5,11 lalu dan nilai tertinggi di titik 103,65% pada detik ke 6,61. Untuk nilai naik turunnya tegangan masih diperbolehkan menurut standar ABS yang menyatakan toleransi nilai tegangan pada kondisi transien diperbolehkan sampai dengan 20% di atas maupun di bawah kondisi stabil, namun sistem ini tidak dapat memenuhi *recovery time* sepanjang 1,5 detik sehingga sistem terus mengalami osilasi tegangan sepanjang simulasi yang berkisar diantara nilai 103,65% sampai dengan 95,39%. Terlihat juga osilasi tegangan mengecil di 30 detik terakhir berkisar diantara nilai 100,33% dan 99,25%.

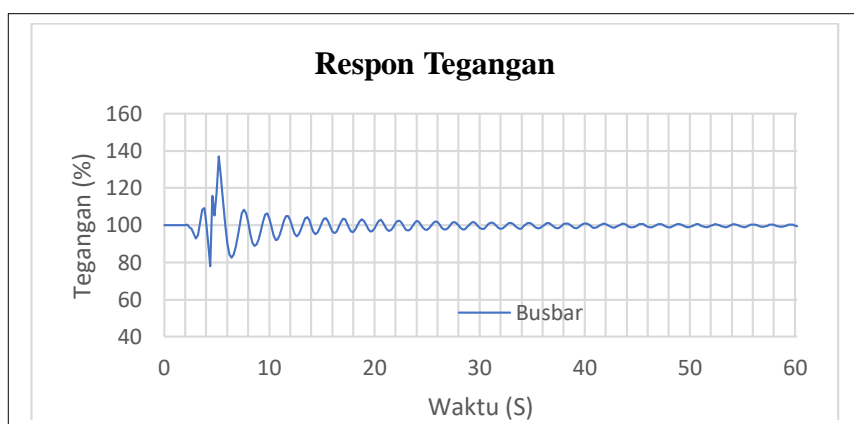


Grafik 4. 42 Respon Frekuensi Skenario 6 Variasi 2

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 97,77% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

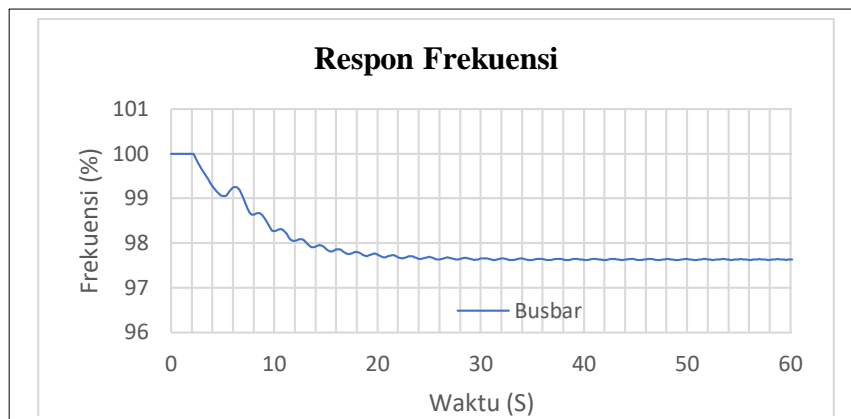
Beban 85% - 85%

Pada skenario keenam variasi 3, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 85% dan 85% dengan waktu total simulasi 60 detik. Semua bus dihubungkan dengan *switch* dan disuplai oleh 1 generator thruster dan 2 diesel generator. Semua bus yang terhubung mengalami kondisi transien dengan respon tegangan yang ditunjukkan oleh grafik 4.43 dan grafik 4.44.



Grafik 4. 43 Respon Tegangan Skenario 6 Variasi 3

Pada bus yang terhubung terjadi kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana tegangan mengalami naik turun mulai dari detik ke 2,01 hingga menyentuh nilai terendah di titik 77,93% pada detik ke 4,21 lalu nilai tertinggi di titik 136,91% pada detik ke 5,01. Pada kondisi ini simpangan tegangan tidak sesuai dengan standar ABS yang menyatakan toleransi nilai tegangan pada kondisi transien diperbolehkan sampai dengan 20% di atas maupun di bawah kondisi stabil, sistem ini tidak juga dapat memenuhi *recovery time* sepanjang 1,5 detik sehingga sistem terus mengalami osilasi tegangan sampai dengan akhir simulasi walaupun nilai simpangannya semakin mengecil.



Grafik 4. 44 Respon Frekuensi Skenario 6 Variasi 3

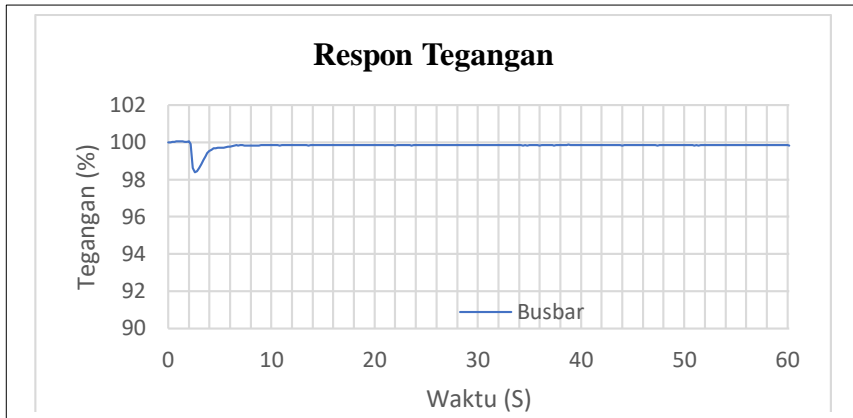
Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 97,62% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

4.5.7 Konfigurasi *closed bus* 1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator dengan *Load Shedding*

Skenario ketujuh ini sebenarnya sama dengan skenario keenam, namun pada skenario terakhir ini adalah perbaikan agar sistem pada skenario keenam dapat berjalan normal dan mencapai kestabilan. Selain itu juga untuk mencari batas teratas dari pengoperasian *bow thruster* yang aman agar bias dioperasikan dengan konfigurasi 1 generator thruster dan 2 diesel generator.

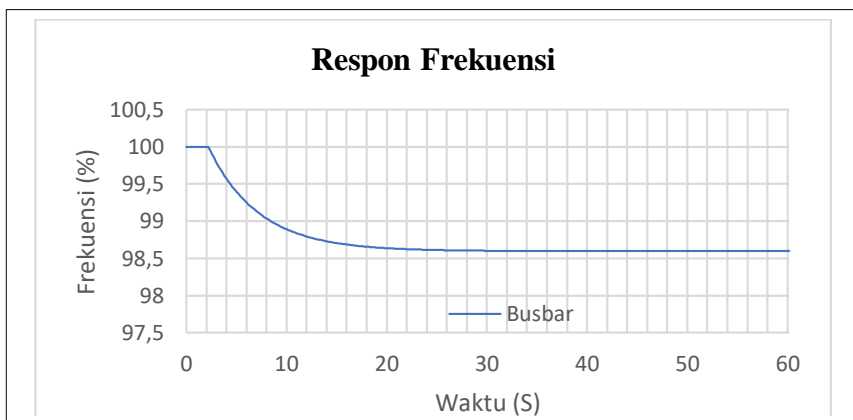
Beban 80% - 80%

Pada skenario ketujuh variasi 1, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 80% dan 80% dengan waktu total simulasi 60 detik. Hasil simulasi menjelaskan bahwa sistem tidak dapat mencapai kestabilan karena tidak mampu memenuhi *recovery time*. Langkah yang dilakukan untuk menghasilkan sistem yang stabil adalah dengan melakukan pelepasan beban (*load shedding*) secara manual dengan memutus aliran listrik ke beban non esensial yang telah ditentukan sebelumnya. Respon tegangan dan respon frekuensi setelah dilakukan pelepasan beban dapat dilihat pada grafik 4.45 dan grafik 4.46.



Grafik 4. 45 Respon Tegangan Skenario 7 Variasi 1

Pelepasan beban dilakukan bersamaan dengan saat starting *bow thruster* yaitu pada detik ke 2 dengan waktu simulasi sepanjang 60 detik. Terlihat perubahan dari hasil sebelumnya yaitu sistem hanya mengalami naik dan turun tegangan selama 0,4 detik dengan nilai tertinggi sebesar 100,04% pada detik ke 2 dan nilai terendah sebesar 98,39% pada detik ke 2,41 lalu mencapai keadaan stabil pada nilai 99,8%. Nilai ini masuk kategori stabil dibandingkan dengan simulasi sebelumnya dimana belum dilakukan pelepasan beban.



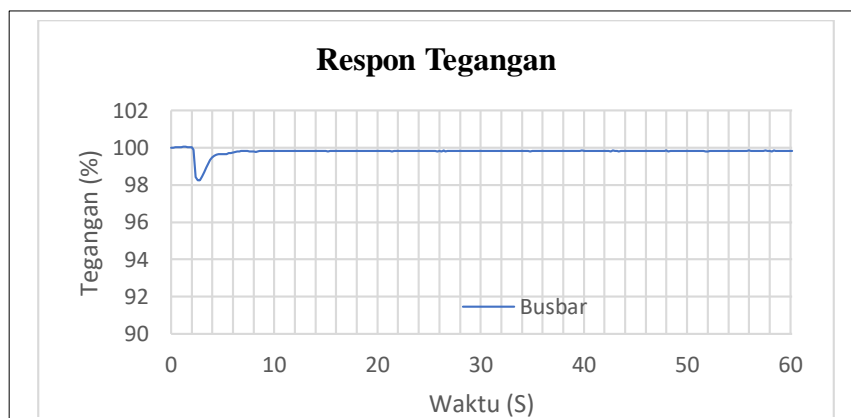
Grafik 4. 46 Respon Frekuensi Skenario 7 Variasi 1

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 98,59% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

Beban 85% - 85%

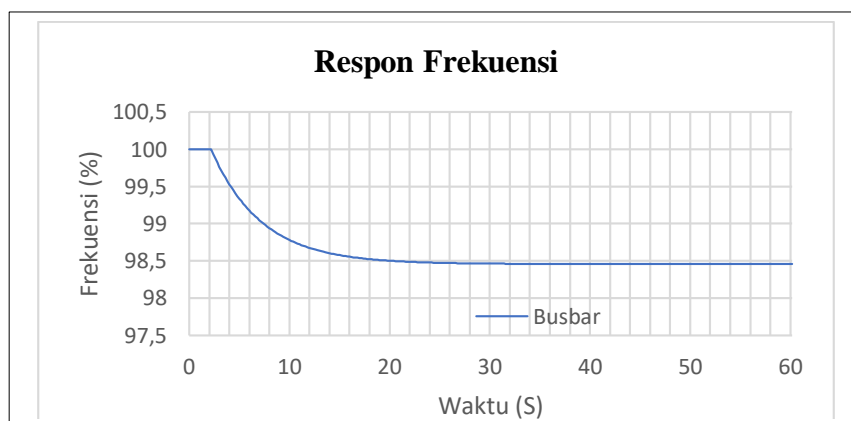
Pada skenario ketujuh variasi 2, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 85% dan 85% dengan waktu total simulasi 60 detik. Hasil simulasi menjelaskan bahwa sistem tidak dapat

mencapai kestabilan karena tidak mampu memenuhi *recovery time*. Langkah yang dilakukan untuk menghasilkan sistem yang stabil adalah dengan melakukan pelepasan beban (*load shedding*) secara manual dengan memutus aliran listrik ke beban non esensial yang telah ditentukan sebelumnya. Respon tegangan dan respon frekuensi setelah dilakukan pelepasan beban dapat dilihat pada grafik 4.47 dan grafik 4.48.



Grafik 4. 47 Respon Tegangan Skenario 7 Variasi 2

Pelepasan beban dilakukan bersamaan dengan saat starting *bow thruster* yaitu pada detik ke 2 dengan waktu simulasi sepanjang 60 detik. Terlihat perubahan dari hasil sebelumnya yaitu sistem hanya mengalami naik dan turun tegangan selama 0,6 detik dengan nilai tertinggi sebesar 100,04% pada detik ke 2 dan nilai terendah sebesar 98,25% pada detik ke 2,61 lalu mencapai keadaan stabil pada nilai 99,8%. Nilai ini masuk kategori stabil dibandingkan dengan simulasi sebelumnya dimana belum dilakukan pelepasan beban.



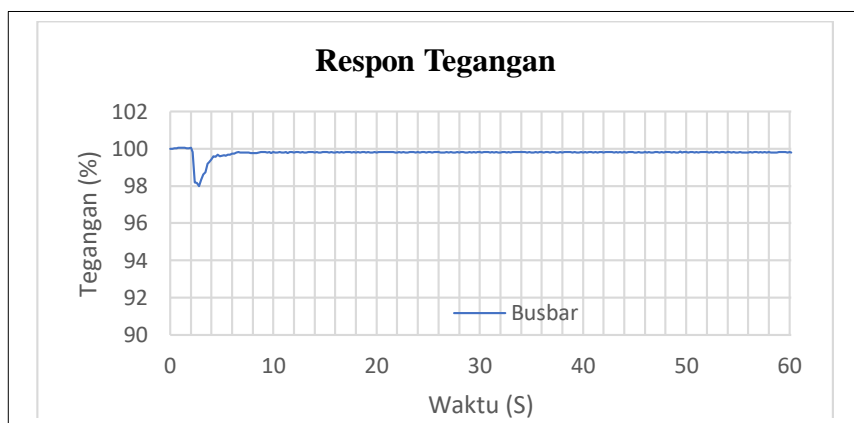
Grafik 4. 48 Respon Frekuensi Skenario 7 Variasi 2

Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai

98,45% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

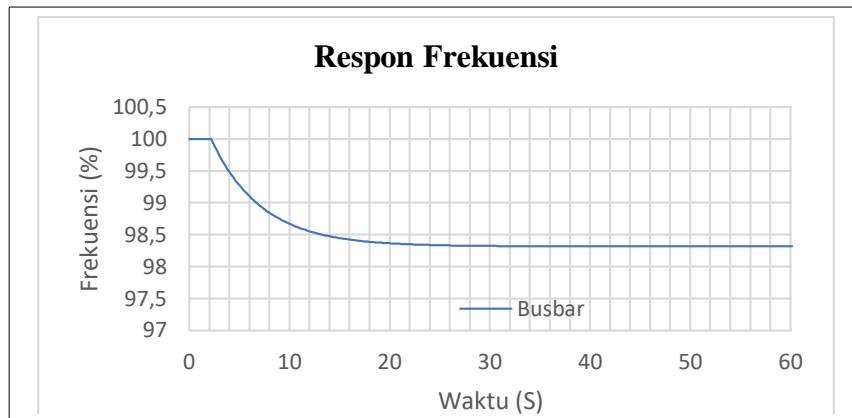
Beban 90% - 90%

Pada skenario ketujuh variasi 3, disimulasikan kedua *bow thruster* akan mengalami starting pada detik ke-2 dengan beban masing-masing 85% dan 85% dengan waktu total simulasi 60 detik untuk mengetahui batas teratas pengoperasian *bow thruster*. Hasil simulasi menjelaskan bahwa sistem tidak dapat mencapai kestabilan karena tidak mampu memenuhi *recovery time*. Langkah yang dilakukan untuk menghasilkan sistem yang stabil adalah dengan melakukan pelepasan beban (*load shedding*) secara manual dengan memutus aliran listrik ke beban non esensial yang telah ditentukan sebelumnya. Respon tegangan dan respon frekuensi setelah dilakukan pelepasan beban dapat dilihat pada grafik 4.49 dan grafik 4.50.



Grafik 4. 49 Respon Tegangan Skenario 7 Variasi 3

Pelepasan beban dilakukan bersamaan dengan saat starting *bow thruster* yaitu pada detik ke 2 dengan waktu simulasi sepanjang 60 detik. Terlihat perubahan dari hasil sebelumnya yaitu sistem hanya mengalami naik dan turun tegangan selama 0,6 detik dengan nilai tertinggi sebesar 100,04% pada detik ke 2 dan nilai terendah sebesar 97,98% pada detik ke 2,61 lalu mencapai keadaan stabil pada nilai 99,8%. Nilai ini masuk kategori stabil menurut standar ABS dan diizinkan untuk beroperasi. Secara keseluruhan sistem dengan konfigurasi 1 generator thruster dan 2 diesel generator dapat mentoleransi sampai dengan pembebanan 90% pada masing-masing *bow thruster*.



Grafik 4. 50 Respon Frekuensi Skenario 7 Variasi 3

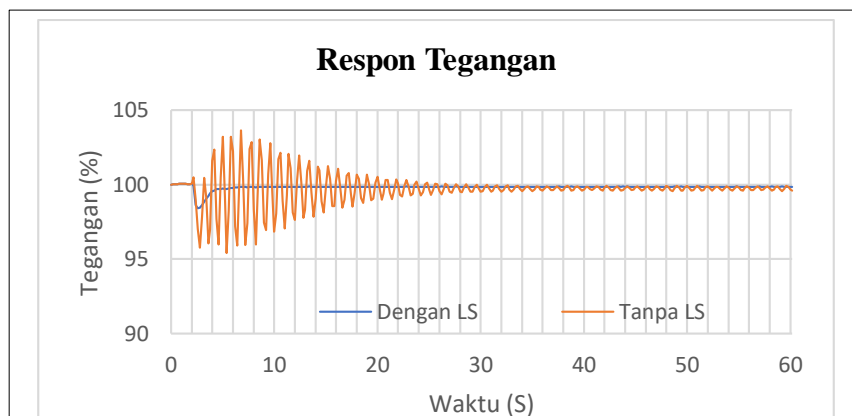
Respon frekuensi pada bus yang terhubung menunjukkan adanya kondisi transien akibat starting *bow thruster* dimana frekuensi mengalami penurunan sampai dengan nilai 98,32% dan langsung stabil pada nilai tersebut. Nilai tersebut masih sesuai dengan standar yang diizinkan sehingga sistem masih diizinkan untuk beroperasi.

4.6 Perbandingan Respon Tegangan dan Respon Frekuensi Sistem Tanpa Pelepasan beban dan dengan Pelepasan Beban

Bagian ini menampilkan perbandingan respon tegangan dan respon frekuensi dari konfigurasi sistem 1 generator thruster dan 2 diesel generator tanpa pelepasan beban dan dengan pelepasan beban.

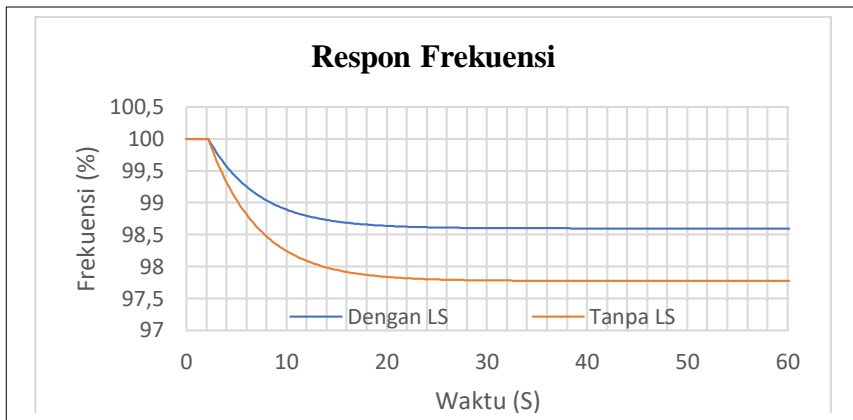
Beban 80% - 80%

Pada skenario keenam, sistem menjadi tidak stabil apabila pembenanan masing-masing *bow thruster* mencapai 80%. Keadaan ini dapat dicegah dengan melakukan pelepasan beban non esensial



Grafik 4. 51 Perbandingan Respon Tegangan Antara Skenario 6 Beban 80%-80% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban

Respon tegangan menjadi stabil saat pelepasan beban dilakukan, hal ini membuktikan bahwa penyediaan daya tambahan dapat mengakomodir daya starting dari *bow thruster*.

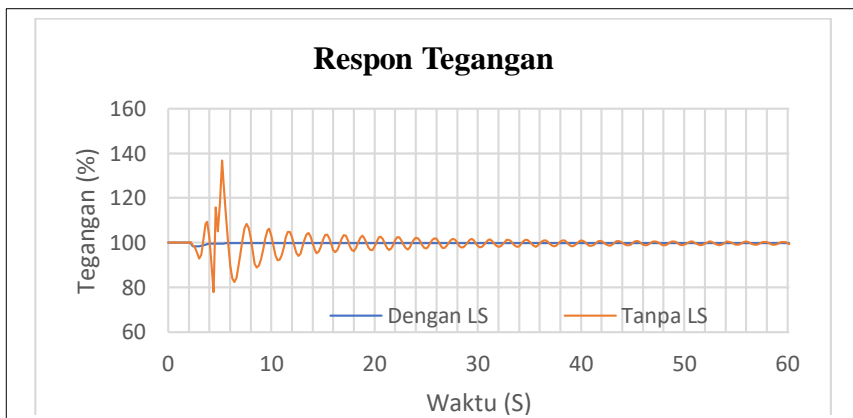


Grafik 4. 52 Perbandingan Respon Frekuensi Antara Skenario 6 Beban 80%-80% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban

Respon frekuensi sebenarnya masih stabil saat sistem disusun dengan konfigurasi pada skenario keenam, namun dengan pelepasan beban nilai frekuensi mengalami peningkatan pada keadaan stabil dari 97,77% menjadi 98,59%.

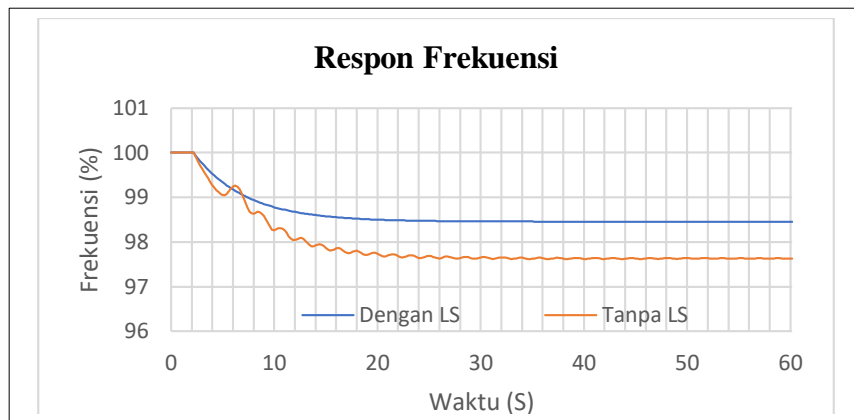
Beban 85% - 85%

Pada skenario keenam, sistem menjadi tidak stabil apabila pembenanan masing-masing *bow thruster* mencapai 85%. Keadaan ini dapat dicegah dengan melakukan pelepasan beban non esensial



Grafik 4. 53 Perbandingan Respon Tegangan Antara Skenario 6 Beban 85%-85% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban

Respon tegangan menjadi stabil saat pelepasan beban dilakukan, hal ini membuktikan bahwa penyediaan daya tambahan dapat mengakomodir daya starting dari *bow thruster*.

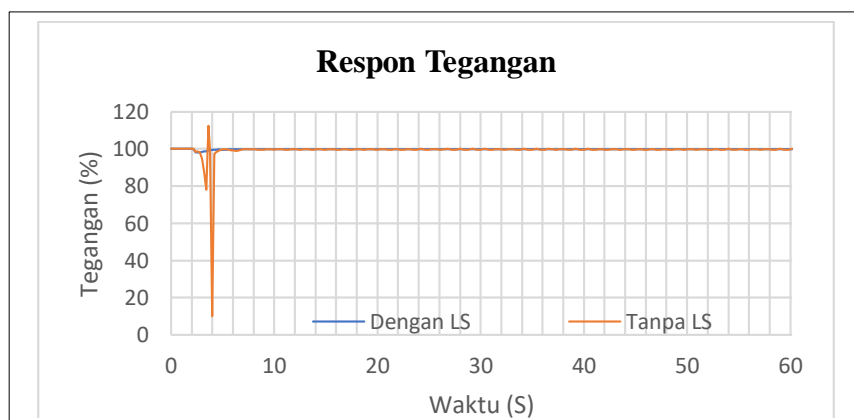


Grafik 4. 54 Perbandingan Respon Frekuensi Antara Skenario 6 Beban 85%-85% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban

Respon frekuensi sebenarnya masih stabil saat sistem disusun dengan konfigurasi pada skenario keenam, namun dengan pelepasan beban nilai frekuensi mengalami peningkatan pada keadaan stabil dari 97,62% menjadi 98,45%.

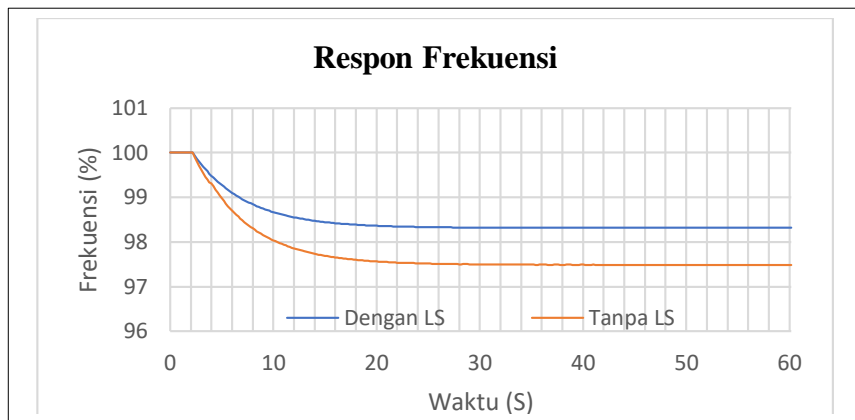
Beban 90% - 90%

Variasi pembebanan 90% pada masing-masing *bow thruster* dilakukan untuk mencari tahu batas kestabilan sistem pada konfigurasi 1 *closed bus* 1 generator thruster dan 2 diesel generator. Perbandingan respon sistem tanpa pelepasan beban dibandingkan dengan melakukan pelepasan beban dapat dilihat pada grafik 4.54 dan 4.55.



Grafik 4. 55 Perbandingan Respon Tegangan Antara Skenario 6 Beban 90%-90% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban

Respon tegangan menjadi stabil saat pelepasan beban dilakukan, hal ini membuktikan bahwa penyediaan daya tambahan dapat mengakomodir daya starting dari *bow thruster*.



Grafik 4. 56 Perbandingan Respon Frekuensi Antara Skenario 6 Beban 90%-90% Tanpa Pelepasan Beban dan dengan Pelepasan Beban

Respon frekuensi sebenarnya masih stabil saat sistem disusun dengan konfigurasi pada skenario keenam, namun dengan pelepasan beban nilai frekuensi mengalami peningkatan pada keadaan stabil dari 97,49% menjadi 98,32%.

4.7 Rangkuman

Bagian ini menampilkan rangkuman data berupa data tegangan dan data frekuensi dari masing-masing simulasi.

Tabel 4. 9 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 1 Bus C

Simulasi 1									
No	Variasi	f min (%)	f steady state (%)	Bus	v min (%)	v max (%)	v steady state (%)	Kondisi	
								f	v
1	60% - 75%	97,513	97,513	C	98,7963	100,286	99,9106	v	v
2	100% - 80%	95,8057	95,8057	C	96,1454	101,043	99,7611	v	v
3	100% - 100%	95,8057	95,8057	C	96,1454	101,043	99,7611	v	v
4	110% - 110%	95,2943	95,3122	C	77,1395	140,297	-	v	x

Tabel 4. 10 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 1 Bus D

Simulasi 1									
No	Variasi	f min (%)	f steady state (%)	Bus	v min (%)	v max (%)	v steady state (%)	Kondisi	
								f	v
1	60% - 75%	96,8775	96,8775	D	98,3936	100,702	99,8424	v	v
2	100% - 80%	96,6644	96,6644	D	98,2131	100,811	99,814	v	v
3	100% - 100%	95,8057	95,8057	D	96,1454	101,043	99,7611	v	v
4	110% - 110%	95,2943	95,3122	D	77,1395	140,297	-	v	x

Respon tegangan dan frekuensi pada skenario konfigurasi *split plant* 1 generator thruster untuk masing-masing *bow thruster* menunjukkan bahwa semua variasi beban sampai dengan beban 100% pada *bow thruster* dapat ditanggung oleh sistem secara stabil. Pembebanan melebihi 100% pada masing-masing *bow thruster* mengakibatkan kestabilan sistem terganggu. Hal ini disebabkan karena generator thruster hanya dapat menyediakan cadangan daya untuk start generator sampai dengan beban 100%, diatas nilai tersebut generator tidak dapat mencukupi kebutuhan starting dari *bow thruster*.

Tabel 4. 11 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 2

Simulasi 2									
No	Variasi	f min (%)	f steady state (%)	Bus	v min (%)	v max (%)	v steady state (%)	Kondisi	
								f	v
1	60% - 75%	97,196	97,196	C,D	98,6027	100,508	99,8	v	v
2	100% - 80%	96,2364	96,2364	C,D	98,0374	100,97	99,8	v	v
3	100% - 100%	95,8057	95,8057	C,D	96,1454	101,043	99,7	v	v
4	110% - 110%	95,294	95,3312	C,D	77,1395	140,297	-	v	x

Respon tegangan dan frekuensi pada skenario konfigurasi *split plant* 2 generator thruster untuk 2 *bow thruster* menunjukkan hasil yang sama dengan konfigurasi pertama yaitu semua variasi beban sampai dengan beban 100% pada *bow thruster* dapat ditanggung oleh sistem secara stabil. Pembebanan melebihi 100% pada masing-masing *bow thruster* mengakibatkan kestabilan sistem terganggu. Hal ini disebabkan karena generator thruster yang sudah diparalel hanya dapat menyediakan cadangan daya untuk start generator sampai dengan beban 100%, diatas nilai tersebut generator tidak dapat mencukupi kebutuhan starting dari *bow thruster*. Hal ini terjadi karena perbandingan jumlah daya yang dapat dihasilkan generator dengan data yang dibutuhkan oleh beban masih sama seperti pada konfigurasi sebelumnya.

Tabel 4. 12 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 3

Simulasi 3									
No	Variasi	f min (%)	f steady state (%)	Bus	v min (%)	v max (%)	v steady state (%)	Kondisi	
								f	v
1	40% - 40%	96,6644	96,6644	C, D	98,2131	100,811	99,8	v	v
2	50% - 50%	95,8057	95,8057	C, D	96,1454	101,043	99,7	v	v
3	60% - 60%	95,3719	95,3721	C, D	7,09637	118,03	99,7	v	x

Konfigurasi *split plant* 1 generator thruster untuk menanggung 2 *bow thruster* disusun untuk mencapai tujuan penghematan penggunaan generator. Namun kedua bus C dan D yang dihubungkan dipisah dengan bus A dan B yang disuplai oleh diesel generator. Pada skenario ini didapatkan penghematan 1 generator thruster sebesar 800 kW, namun karena pemotongan daya sebanyak 800 kW maka pembebanan pada *bow thruster* pun tidak bisa maksimal. Respon tegangan dan frekuensi pada konfigurasi ini menunjukkan bahwa sistem hanya bisa mempertahankan kondisi stabilnya sampai dengan pembebanan 50% pada masing-masing *bow thruster*. Hal ini sebenarnya sejalan dengan dua konfigurasi sebelumnya karena perbandingan suplai daya dan kebutuhan beban menunjukkan nilai yang sama. Pada dua konfigurasi sebelumnya suplai totalnya adalah 1600 kW dengan kebutuhan daya yang ditanggung sebesar 1030 kW, sedangkan pada konfigurasi ini suplai totalnya adalah 800 kW dengan kebutuhan daya yang ditanggung sebesar 515 kW.

Tabel 4. 13 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 4

Simulasi 4									
No	Variasi	f min (%)	f steady state (%)	Bus	v min (%)	v max (%)	v steady state (%)	Kondisi	
								f	v
1	60% - 75%	98,1305	98,1305	A,B, C,D	98,4459	101,402	99,8	v	v
2	100% - 80%	97,4944	97,4944	A,B, C,D	97,7698	101,394	99,7	v	v
3	100% - 100%	97,2089	97,2089	A,B, C,D	96,7504	101,285	99,7	v	v
4	110% - 110%	96,9195	96,9208	A,B, C,D	89,7744	106,223	-	v	x

Konfigurasi *closed bus* 2 generator thruster dengan 1 diesel generator ini dirancang dengan menyambungkan semua bus pada sistem dengan suplai dari 3 generator. Konfigurasi ini menghemat pemakaian 1 diesel generator sebesar 350 kW. Pemotongan suplai daya sebesar 350 kW ternyata tidak terlalu mempengaruhi total pembebanan *bow thruster*. Respon tegangan dan frekuensi dari semua variasi menunjukkan bahwa sistem masih dikategorikan stabil sampai dengan pembebanan 100% pada masing-masing *bow*

thruster. Namun pada variasi beban 110% sistem digolongkan menjadi tidak stabil dari karena tidak mampu memenuhi *recovery time*. Simpangan respon tegangan dan frekuensi pada konfigurasi ini masih tergolong aman, namun waktu yang lama untuk menanggung osilasi tegangan dapat menyebabkan akumulasi panas pada peralatan sehingga dapat dikategorikan tidak aman bagi peralatan listrik.

Tabel 4. 14 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 5

Simulasi 5									
No	Variasi	f min (%)	f steady state (%)	Bus	v min (%)	v max (%)	v steady state (%)	Kondisi	
								f	v
1	60% - 75%	98,6037	98,6037	A,B,C,D	98,7682	101,314	99,8	v	v
2	100% - 80%	98,1312	98,1312	A,B,C,D	98,2702	101,524	99,8	v	v
3	100% - 100%	97,92	97,92	A,B,C,D	97,9741	101,548	99,8	v	v
4	110% - 110%	97,7082	97,7082	A,B,C,D	97,5131	102,309	99,7	v	v

Konfigurasi *closed bus* 2 generator thruster dengan 2 diesel generator ini dirancang dengan menyambungkan semua bus pada sistem dengan suplai dari 4 generator. Respon tegangan dan frekuensi pada konfigurasi ini adalah yang paling bagus disbanding dengan skenario konfigurasi sebelumnya karena konfigurasi ini dapat mempertahankan kestabilannya sampai dengan pembebanan 110% pada masing-masing *bow thruster*. Konfigurasi ini dapat digunakan jika ingin mendapatkan pembebanan maksimal dari *bow thruster*.

Tabel 4. 15 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 6

Simulasi 6									
No	Variasi	f min (%)	f steady state (%)	Bus	v min (%)	v max (%)	v steady state (%)	Kondisi	
								f	v
1	75% - 75%	97,9151	97,9151	A,B,C,D	96,8481	100,653	99,7	v	v
2	80% - 80%	97,7734	97,7734	A,B,C,D	95,3904	103,648	-	v	x
3	85% - 85%	97,6186	97,6	A,B,C,D	77,9287	136,906	-	v	x

Konfigurasi *closed bus* 1 generator thruster dengan 2 diesel generator ini dirancang dengan menyambungkan semua bus pada sistem dengan suplai dari 3 generator.

Konfigurasi ini menghemat pemakaian 1 generator thruster sebesar 800 kW. Berbeda dengan konfigurasi ketiga, pemotongan suplai daya sebesar 800 kW dapat tertutupi karena dibantu oleh daya cadangan dari 2 diesel generator. Respon tegangan dan frekuensi dari semua variasi beban menunjukkan bahwa sistem dapat mempertahankan kestabilannya sampai dengan pembebanan 75% pada masing-masing *bow thruster*. Nilai ini lebih besar 25% dibanding dengan skenario konfigurasi 3 karena daya cadangan untuk mengakomodasi starting *bow thruster* tersedia dari 2 diesel generator. Pembebanan diatas 75% pada masing-masing *bow thruster* menyebabkan sistem menjadi tidak stabil.

Tabel 4. 16 Rangkuman Data Tegangan dan Frekuensi Skenario 7

Simulasi 7									
No	Variasi	f min (%)	f steady state (%)	Bus	v min (%)	v max (%)	v steady state (%)	Kondisi	
								f	v
1	80% - 80%	98,5969	98,5969	A,B,C,D	98,3969	100,051	99,8	v	v
2	85% - 85%	98,4567	98,4567	A,B,C,D	98,2498	100,051	99,8	v	v
3	90% - 90%	98,3163	98,3163	A,B,C,D	97,9875	100,051	99,8	v	v

Konfigurasi pada skenario ini sama dengan konfigurasi 6 namun dilanjutkan dengan pelepasan beban (*load shedding*) beban non esensial. Pelepasan beban ini dilakukan untuk menyediakan daya cadangan untuk mencukupi kebutuhan starting *bow thruster*. Respon tegangan dan frekuensi dari skenario ini menunjukkan bahwa sistem mengalami penguatan sebesar 15% dari 70% menjadi 90%. Kondisi ini tercapai karena daya yang didapatkan dari pelepasan beban dapat mencukupi kebutuhan starting *bow thruster* sampai dengan pembebanan 90% pada masing-masing *bow thruster*. Pembebanan diatas nilai 90% akan menyebabkan sistem menjadi tidak stabil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan sistem kelistrikan kapal AHTS menghasilkan 6 skenario konfigurasi berbeda, yaitu *split plant* 2 generator thruster untuk menyuplai 2 *bow thruster* terpisah, *split plant* 2 generator thruster untuk menyuplai 2 *bow thruster* secara paralel, *split plant* 1 generator thruster untuk menyuplai 2 *bow thruster*, *closed bus* 2 generator thruster dan 1 diesel generator untuk menyuplai semua beban di kapal, *closed bus* 2 generator thruster dan 2 diesel generator untuk menyuplai semua beban di kapal, dan *closed bus* 1 generator thruster dan 2 diesel generator untuk menyuplai semua beban di kapal.
2. Dari 6 skenario susunan konfigurasi sistem kelistrikan kapal AHTS dengan *dynamic positioning system* pada kondisi DP manouvering, skenario konfigurasi *closed bus* 2 generator thruster dengan 2 diesel generator dapat menanggung beban 2 *bow thruster* sampai dengan 110%. Kondisi ini dapat tercapai karena ketersediaan daya untuk *starting* motor *bow thruster* menjadi lebih besar karena adanya tambahan dari 2 diesel generator. Sedangkan penghematan penggunaan generator terwujud pada skenario konfigurasi *closed bus* 2 generator thruster dan 1 diesel generator dan konfigurasi *closed bus* 1 generator thruster dan 2 diesel generator. Pada skenario konfigurasi *closed bus* 2 generator thruster dan 1 diesel generator sistem stabil sampai pembebanan 100% pada masing-masing *bow thruster*, sedangkan pada skenario 1 generator thruster dan 2 diesel generator sistem stabil sampai dengan pembebanan 75% pada masing-masing *bow thruster*.
3. Pada skenario konfigurasi *closed bus* 1 generator thruster dan 2 diesel generator, kestabilan sistem dapat ditingkatkan dengan melakukan pelepasan beban (*load shedding*) non esensial pada sistem. Hasilnya dapat dilihat pada skenario 7 pelepasan beban, terlihat adanya kemajuan yaitu kestabilan sistem meningkat sampai dengan pembebanan 90% pada masing-masing *bow thruster*.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat memberikan rekomendasi berupa saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini perbandingan pembebanan menggunakan data primer berupa DP Logbook belum terwujud. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat menggunakan data primer sebagai pembanding performa.
2. Pada penelitian ini hanya melakukan simulasi kestabilan dengan studi kasus *starting* motor pada konfigurasi berbeda, belum dilakukan studi tentang redundansi sistem sehingga butuh penelitian selanjutnya tentang redundansi sistem.
3. Pada penelitian ini solusi yang diberikan masih terbatas pada skema pelepasan beban (*load shedding*). Studi tentang perbaikan kestabilan selain pelepasan beban perlu dilakukan lagi, terutama perbaikan di instalasi sistem.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

American Bureau of Shipping, 2016. Rules for Bulding and Classing Steel Vessels, Part 4 Vessel Systems and Machinery. American Bureau of Shipping, New York, NY.

Baydokhty, M.E., Eidiani, M., Ghamati, M., Ebrahimean, M., 2011. Transient Stability Improvement via Combined Method 5, 8.

Definition and Classification of Power System Stability IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, 2004. . IEEE Transactions on Power Systems 19, 1387–1401.

Dynamic Positioning Commitee, M.T.S., 2012. DP Vessel Design Philosophy Guidelines Part 2. Marine Technology Society, Washington, DC.

Holvik, J., 1998. Basics of Dynamic Positioning.

IMCA, 2007. Guidelines for the design and operation of dynamically positioned vessels. IMCA.

Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Power Engineering Society, Electric Machinery Committee, Institute of Electrical and Electronics Engineers, American National Standards Institute, IEEE-SA Standards Board, 2003. IEEE guide for synchronous generator modeling practices and applications in power system stability analyses. Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, NY.

Kundur, P., 1994. Power System Stability and Control. McGraw Hill, Inc., California, CA.

Mahon, L.L.J., 1992. Diesel generator handbook. Butterworth-Heinemann, Oxford ; Boston.

M.S, D., Kusuma, I.R., 2014. Perancangan Power Management System pada Kapal Penumpang.

Ritchie, G., 2008. Offshore support vessels: a practical guide, 1st. ed. ed. The Nautical Inst, London.

Roa, M., 2016. Demonstration of fault ride through capability for *closed bus* operation on dynamic positioning vessels. IEEE, pp. 1–10.

Sarwito, S., 1995. Perencanaan Instalasi Listrik Kapal. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi ITS, Surabaya.

Shah, N., Seabrook, J., Mavis, S., 1999. Undervoltage Load Shedding Task Force (UVLSTF)* Technical Studies Subcommittee Western Systems Coordinating Council. Western Electricity Coordinating Council.

Universitas Gadjah Mada, J.T.E. dan T.I., 2013. MODUL PELATIHAN ETAP. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

DATA FREKUENSI DAN TEGANGAN PER SATUAN WAKTU

Tabel 1. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Sim 1 Bus C

Time	Variasi 1 Bus C		Variasi 1 Bus D		Variasi 2 Bus C		Variasi 2 Bus D	
	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V
0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2,00	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01
2,01	100,00	100,29	100,00	100,70	100,00	101,04	100,00	100,81
2,21	99,90	99,06	99,87	98,88	99,83	97,50	99,86	98,64
2,41	99,80	98,80	99,75	98,39	99,67	99,01	99,73	98,21
2,61	99,71	98,84	99,63	98,41	99,51	96,15	99,61	98,25
2,81	99,62	98,97	99,53	98,58	99,37	99,30	99,49	98,43
3,01	99,54	99,13	99,42	98,79	99,23	97,24	99,38	98,68
3,21	99,46	99,29	99,32	98,99	99,09	98,75	99,28	98,89
3,41	99,38	99,40	99,23	99,17	98,97	99,30	99,17	99,08
3,61	99,31	99,50	99,14	99,31	98,84	97,88	99,08	99,23
3,81	99,24	99,60	99,05	99,44	98,73	100,47	98,98	99,37
4,01	99,17	99,66	98,96	99,53	98,61	98,20	98,89	99,47
4,21	99,11	99,72	98,88	99,60	98,50	99,94	98,81	99,55
4,41	99,05	99,75	98,80	99,66	98,40	99,47	98,72	99,61
4,61	98,99	99,78	98,73	99,70	98,30	99,04	98,64	99,67
4,81	98,93	99,81	98,66	99,74	98,20	100,25	98,57	99,69
5,01	98,87	99,84	98,59	99,76	98,11	98,92	98,49	99,73
5,21	98,82	99,85	98,52	99,78	98,02	100,07	98,42	99,73
5,41	98,77	99,86	98,46	99,81	97,93	99,52	98,35	99,77

5,61	98,72	99,86	98,40	99,81	97,85	99,57	98,29	99,78
5,81	98,67	99,86	98,34	99,83	97,77	100,01	98,23	99,78
6,01	98,63	99,88	98,28	99,84	97,70	99,37	98,16	99,80
6,21	98,59	99,88	98,23	99,82	97,62	100,00	98,11	99,80
6,41	98,54	99,89	98,17	99,83	97,55	99,55	98,05	99,81
6,61	98,50	99,88	98,12	99,83	97,48	99,79	98,00	99,80
6,81	98,46	99,87	98,07	99,85	97,42	99,80	97,94	99,81
7,01	98,43	99,88	98,03	99,83	97,36	99,61	97,89	99,81
7,21	98,39	99,89	97,98	99,84	97,30	99,93	97,85	99,82
7,41	98,36	99,90	97,94	99,85	97,24	99,59	97,80	99,80
7,61	98,32	99,89	97,90	99,83	97,18	99,87	97,76	99,81
7,81	98,29	99,89	97,86	99,84	97,13	99,73	97,71	99,82
8,01	98,26	99,89	97,82	99,85	97,08	99,72	97,67	99,82
8,21	98,23	99,90	97,78	99,85	97,03	99,83	97,63	99,82
8,41	98,20	99,90	97,75	99,85	96,98	99,67	97,60	99,80
8,61	98,18	99,90	97,71	99,84	96,93	99,84	97,56	99,82
8,81	98,15	99,90	97,68	99,85	96,89	99,71	97,52	99,83
9,01	98,13	99,90	97,65	99,84	96,85	99,79	97,49	99,84
9,21	98,10	99,91	97,62	99,83	96,81	99,78	97,46	99,81
9,41	98,08	99,91	97,59	99,85	96,77	99,71	97,43	99,82
9,61	98,06	99,91	97,56	99,86	96,73	99,82	97,40	99,83
9,81	98,04	99,90	97,54	99,85	96,69	99,72	97,37	99,83
10,01	98,02	99,90	97,51	99,85	96,66	99,78	97,34	99,83
10,21	98,00	99,90	97,49	99,86	96,63	99,77	97,31	99,83
10,41	97,98	99,91	97,46	99,86	96,59	99,76	97,29	99,81
10,61	97,96	99,90	97,44	99,85	96,56	99,80	97,26	99,82
10,81	97,94	99,91	97,42	99,85	96,53	99,74	97,24	99,83
11,01	97,92	99,89	97,40	99,85	96,51	99,78	97,22	99,83
11,21	97,91	99,90	97,38	99,85	96,48	99,75	97,20	99,83
11,41	97,89	99,90	97,36	99,86	96,45	99,76	97,18	99,81
11,61	97,88	99,89	97,34	99,86	96,43	99,79	97,16	99,82
11,81	97,86	99,88	97,32	99,84	96,40	99,73	97,14	99,83
12,01	97,85	99,89	97,30	99,85	96,38	99,80	97,12	99,84
12,21	97,84	99,89	97,29	99,86	96,36	99,75	97,10	99,83
12,41	97,82	99,90	97,27	99,86	96,34	99,77	97,08	99,84
12,61	97,81	99,89	97,25	99,86	96,31	99,78	97,07	99,83
12,81	97,80	99,89	97,24	99,84	96,29	99,74	97,05	99,83

13,01	97,79	99,88	97,23	99,86	96,28	99,78	97,04	99,82
13,21	97,78	99,90	97,21	99,86	96,26	99,75	97,02	99,81
13,41	97,77	99,90	97,20	99,85	96,24	99,77	97,01	99,82
13,61	97,76	99,90	97,19	99,85	96,22	99,80	96,99	99,83
13,81	97,75	99,89	97,17	99,85	96,21	99,76	96,98	99,83
14,01	97,74	99,90	97,16	99,85	96,19	99,77	96,97	99,83
14,21	97,73	99,91	97,15	99,85	96,18	99,76	96,96	99,82
14,41	97,72	99,90	97,14	99,84	96,16	99,76	96,95	99,81
14,61	97,71	99,90	97,13	99,85	96,15	99,77	96,93	99,82
14,81	97,71	99,91	97,12	99,85	96,13	99,76	96,92	99,84
15,01	97,70	99,90	97,11	99,86	96,12	99,78	96,91	99,83
15,21	97,69	99,91	97,10	99,85	96,11	99,76	96,90	99,82
15,41	97,68	99,91	97,09	99,85	96,10	99,80	96,89	99,83
15,61	97,68	99,88	97,08	99,85	96,09	99,73	96,89	99,83
15,81	97,67	99,89	97,08	99,86	96,07	99,81	96,88	99,82
16,01	97,66	99,89	97,07	99,86	96,06	99,75	96,87	99,82
16,21	97,66	99,90	97,06	99,86	96,05	99,78	96,86	99,84
16,41	97,65	99,90	97,05	99,85	96,04	99,77	96,85	99,84
16,61	97,65	99,89	97,05	99,86	96,03	99,71	96,85	99,83
16,81	97,64	99,90	97,04	99,85	96,03	99,80	96,84	99,81
17,01	97,64	99,90	97,03	99,85	96,02	99,74	96,83	99,82
17,21	97,63	99,91	97,03	99,85	96,01	99,79	96,83	99,82
17,41	97,63	99,89	97,02	99,86	96,00	99,79	96,82	99,82
17,61	97,62	99,89	97,02	99,85	95,99	99,73	96,81	99,82
17,81	97,62	99,89	97,01	99,84	95,99	99,80	96,81	99,83
18,01	97,61	99,91	97,01	99,84	95,98	99,75	96,80	99,82
18,21	97,61	99,90	97,00	99,86	95,97	99,77	96,80	99,83
18,41	97,61	99,91	97,00	99,86	95,97	99,76	96,79	99,83
18,61	97,60	99,91	96,99	99,85	95,96	99,79	96,79	99,82
18,81	97,60	99,91	96,99	99,85	95,95	99,76	96,78	99,83
19,01	97,60	99,89	96,98	99,86	95,95	99,79	96,78	99,83
19,21	97,59	99,89	96,98	99,86	95,94	99,77	96,77	99,83
19,41	97,59	99,90	96,97	99,84	95,94	99,78	96,77	99,83
19,61	97,59	99,89	96,97	99,86	95,93	99,75	96,76	99,84
19,81	97,58	99,90	96,97	99,86	95,93	99,80	96,76	99,84
20,01	97,58	99,90	96,96	99,84	95,92	99,77	96,76	99,83
20,21	97,58	99,90	96,96	99,86	95,92	99,79	96,75	99,84

20,41	97,58	99,89	96,96	99,86	95,91	99,74	96,75	99,83
20,61	97,57	99,89	96,95	99,85	95,91	99,81	96,75	99,84
20,81	97,57	99,91	96,95	99,86	95,90	99,77	96,74	99,84
21,01	97,57	99,90	96,95	99,87	95,90	99,76	96,74	99,83
21,21	97,57	99,90	96,95	99,86	95,90	99,80	96,74	99,82
21,41	97,56	99,90	96,94	99,86	95,89	99,74	96,73	99,81
21,61	97,56	99,90	96,94	99,86	95,89	99,80	96,73	99,82
21,81	97,56	99,91	96,94	99,86	95,89	99,77	96,73	99,82
22,01	97,56	99,90	96,94	99,85	95,88	99,77	96,73	99,82
22,21	97,56	99,90	96,93	99,85	95,88	99,82	96,72	99,82
22,41	97,56	99,91	96,93	99,85	95,88	99,75	96,72	99,82
22,61	97,55	99,89	96,93	99,86	95,87	99,78	96,72	99,82
22,81	97,55	99,89	96,93	99,86	95,87	99,78	96,72	99,83
23,01	97,55	99,90	96,92	99,86	95,87	99,78	96,71	99,84
23,21	97,55	99,90	96,92	99,85	95,87	99,79	96,71	99,82
23,41	97,55	99,89	96,92	99,85	95,86	99,74	96,71	99,83
23,61	97,55	99,90	96,92	99,85	95,86	99,80	96,71	99,84
23,81	97,54	99,89	96,92	99,85	95,86	99,76	96,71	99,82
24,01	97,54	99,90	96,92	99,86	95,86	99,77	96,71	99,83
24,21	97,54	99,90	96,91	99,86	95,86	99,78	96,70	99,83
24,41	97,54	99,90	96,91	99,85	95,85	99,75	96,70	99,83
24,61	97,54	99,89	96,91	99,85	95,85	99,80	96,70	99,83
24,81	97,54	99,89	96,91	99,84	95,85	99,72	96,70	99,84
25,01	97,54	99,89	96,91	99,86	95,85	99,79	96,70	99,83
25,21	97,54	99,91	96,91	99,84	95,85	99,78	96,70	99,83
25,41	97,54	99,91	96,91	99,86	95,85	99,76	96,70	99,84
25,61	97,54	99,90	96,91	99,85	95,84	99,80	96,69	99,83
25,81	97,53	99,91	96,90	99,86	95,84	99,72	96,69	99,83
26,01	97,53	99,91	96,90	99,84	95,84	99,78	96,69	99,83
26,21	97,53	99,91	96,90	99,85	95,84	99,76	96,69	99,81
26,41	97,53	99,90	96,90	99,86	95,84	99,76	96,69	99,81
26,61	97,53	99,90	96,90	99,86	95,84	99,79	96,69	99,82
26,81	97,53	99,90	96,90	99,85	95,84	99,74	96,69	99,83
27,01	97,53	99,90	96,90	99,86	95,83	99,83	96,69	99,82
27,21	97,53	99,91	96,90	99,86	95,83	99,76	96,69	99,82
27,41	97,53	99,90	96,90	99,86	95,83	99,79	96,69	99,82
27,61	97,53	99,89	96,90	99,86	95,83	99,78	96,68	99,82

27,81	97,53	99,90	96,90	99,86	95,83	99,75	96,68	99,83
28,01	97,53	99,89	96,89	99,84	95,83	99,81	96,68	99,84
28,21	97,53	99,89	96,89	99,85	95,83	99,74	96,68	99,83
28,41	97,53	99,90	96,89	99,87	95,83	99,78	96,68	99,82
28,61	97,53	99,89	96,89	99,86	95,83	99,76	96,68	99,83
28,81	97,52	99,90	96,89	99,86	95,83	99,75	96,68	99,83
29,01	97,52	99,90	96,89	99,85	95,82	99,80	96,68	99,83
29,21	97,52	99,91	96,89	99,86	95,82	99,74	96,68	99,83
29,41	97,52	99,91	96,89	99,86	95,82	99,80	96,68	99,82
29,61	97,52	99,91	96,89	99,86	95,82	99,77	96,68	99,83
29,81	97,52	99,90	96,89	99,86	95,82	99,77	96,68	99,84
30,01	97,52	99,89	96,89	99,84	95,82	99,80	96,68	99,82
30,21	97,52	99,89	96,89	99,84	95,82	99,75	96,68	99,83
30,41	97,52	99,90	96,89	99,84	95,82	99,78	96,68	99,83
30,61	97,52	99,90	96,89	99,83	95,82	99,78	96,68	99,82
30,81	97,52	99,90	96,89	99,87	95,82	99,77	96,68	99,81
31,01	97,52	99,90	96,89	99,86	95,82	99,77	96,67	99,83
31,21	97,52	99,89	96,89	99,86	95,82	99,75	96,67	99,82
31,41	97,52	99,91	96,89	99,85	95,82	99,79	96,67	99,82
31,61	97,52	99,90	96,89	99,86	95,82	99,76	96,67	99,83
31,81	97,52	99,91	96,89	99,86	95,82	99,77	96,67	99,81
32,01	97,52	99,89	96,89	99,86	95,82	99,78	96,67	99,82
32,21	97,52	99,90	96,89	99,85	95,82	99,76	96,67	99,83
32,41	97,52	99,90	96,88	99,84	95,82	99,77	96,67	99,82
32,61	97,52	99,91	96,88	99,85	95,82	99,78	96,67	99,82
32,81	97,52	99,90	96,88	99,85	95,81	99,78	96,67	99,82
33,01	97,52	99,90	96,88	99,85	95,81	99,78	96,67	99,83
33,21	97,52	99,90	96,88	99,85	95,81	99,78	96,67	99,82
33,41	97,52	99,90	96,88	99,86	95,81	99,76	96,67	99,83
33,61	97,52	99,90	96,88	99,86	95,81	99,77	96,67	99,84
33,81	97,52	99,90	96,88	99,85	95,81	99,78	96,67	99,83
34,01	97,52	99,90	96,88	99,86	95,81	99,76	96,67	99,83
34,21	97,52	99,90	96,88	99,86	95,81	99,78	96,67	99,83
34,41	97,52	99,89	96,88	99,84	95,81	99,77	96,67	99,83
34,61	97,52	99,90	96,88	99,85	95,81	99,77	96,67	99,85
34,81	97,52	99,89	96,88	99,85	95,81	99,80	96,67	99,84
35,01	97,52	99,90	96,88	99,86	95,81	99,76	96,67	99,83

35,21	97,52	99,90	96,88	99,86	95,81	99,79	96,67	99,83
35,41	97,52	99,91	96,88	99,84	95,81	99,76	96,67	99,82
35,61	97,52	99,90	96,88	99,85	95,81	99,77	96,67	99,82
35,81	97,52	99,91	96,88	99,86	95,81	99,80	96,67	99,83
36,01	97,52	99,91	96,88	99,86	95,81	99,74	96,67	99,84
36,21	97,52	99,91	96,88	99,84	95,81	99,80	96,67	99,84
36,41	97,52	99,90	96,88	99,85	95,81	99,79	96,67	99,84
36,61	97,52	99,89	96,88	99,86	95,81	99,75	96,67	99,83
36,81	97,52	99,90	96,88	99,86	95,81	99,79	96,67	99,84
37,01	97,52	99,90	96,88	99,85	95,81	99,76	96,67	99,82
37,21	97,52	99,91	96,88	99,86	95,81	99,79	96,67	99,82
37,41	97,52	99,91	96,88	99,87	95,81	99,77	96,67	99,84
37,61	97,52	99,91	96,88	99,85	95,81	99,77	96,67	99,83
37,81	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,80	96,67	99,84
38,01	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,72	96,67	99,84
38,21	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,81	96,67	99,84
38,41	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,76	96,67	99,84
38,61	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,78	96,67	99,83
38,81	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,81	96,67	99,83
39,01	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,72	96,67	99,83
39,21	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,82	96,67	99,83
39,41	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,76	96,67	99,82
39,61	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,78	96,67	99,82
39,81	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,78	96,67	99,83
40,01	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,75	96,67	99,82
40,21	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,78	96,67	99,81
40,41	97,51	99,91	96,88	99,87	95,81	99,77	96,67	99,83
40,61	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,79	96,67	99,83
40,81	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,77	96,67	99,81
41,01	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,76	96,67	99,83
41,21	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,79	96,67	99,83
41,41	97,51	99,90	96,88	99,84	95,81	99,75	96,67	99,82
41,61	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,79	96,67	99,83
41,81	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,74	96,67	99,83
42,01	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,78	96,67	99,82
42,21	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,76	96,67	99,82
42,41	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,78	96,67	99,82

42,61	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,76	96,67	99,83
42,81	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,78	96,67	99,82
43,01	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,76	96,67	99,83
43,21	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,78	96,67	99,84
43,41	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,79	96,67	99,83
43,61	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,76	96,67	99,83
43,81	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,81	96,67	99,83
44,01	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,76	96,67	99,83
44,21	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,77	96,67	99,83
44,41	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,79	96,67	99,84
44,61	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,74	96,67	99,82
44,81	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,82	96,67	99,82
45,01	97,51	99,90	96,88	99,87	95,81	99,73	96,67	99,82
45,21	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,82	96,67	99,83
45,41	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,74	96,67	99,84
45,61	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,79	96,67	99,84
45,81	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,79	96,66	99,83
46,01	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,74	96,66	99,83
46,21	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,80	96,66	99,83
46,41	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,75	96,66	99,82
46,61	97,51	99,91	96,88	99,87	95,81	99,79	96,66	99,82
46,81	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,74	96,66	99,82
47,01	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,83	96,66	99,84
47,21	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,76	96,66	99,83
47,41	97,51	99,91	96,88	99,87	95,81	99,77	96,66	99,83
47,61	97,51	99,90	96,88	99,87	95,81	99,78	96,66	99,82
47,81	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,75	96,66	99,84
48,01	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,82	96,66	99,83
48,21	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,74	96,66	99,83
48,41	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,80	96,66	99,84
48,61	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,79	96,66	99,82
48,81	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,75	96,66	99,82
49,01	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,80	96,66	99,83
49,21	97,51	99,90	96,88	99,84	95,81	99,77	96,66	99,84
49,41	97,51	99,89	96,88	99,83	95,81	99,77	96,66	99,83
49,61	97,51	99,89	96,88	99,84	95,81	99,80	96,66	99,82
49,81	97,51	99,89	96,88	99,84	95,81	99,75	96,66	99,82

50,01	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,80	96,66	99,83
50,21	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,77	96,66	99,83
50,41	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,79	96,66	99,82
50,61	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,77	96,66	99,83
50,81	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,78	96,66	99,83
51,01	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,78	96,66	99,83
51,21	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,77	96,66	99,83
51,41	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,77	96,66	99,82
51,61	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,79	96,66	99,83
51,81	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,76	96,66	99,84
52,01	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,77	96,66	99,84
52,21	97,51	99,88	96,88	99,85	95,81	99,78	96,66	99,84
52,41	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,78	96,66	99,84
52,61	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,77	96,66	99,82
52,81	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,78	96,66	99,82
53,01	97,51	99,90	96,88	99,84	95,81	99,76	96,66	99,82
53,21	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,81	96,66	99,82
53,41	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,76	96,66	99,82
53,61	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,79	96,66	99,82
53,81	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,77	96,66	99,80
54,01	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,75	96,66	99,82
54,21	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,80	96,66	99,83
54,41	97,51	99,89	96,88	99,84	95,81	99,74	96,66	99,84
54,61	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,79	96,66	99,82
54,81	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,78	96,66	99,81
55,01	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,78	96,66	99,83
55,21	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,77	96,66	99,82
55,41	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,78	96,66	99,82
55,61	97,51	99,91	96,88	99,84	95,81	99,78	96,66	99,82
55,81	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,77	96,66	99,84
56,01	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,79	96,66	99,83
56,21	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,77	96,66	99,83
56,41	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,78	96,66	99,84
56,61	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,78	96,66	99,82
56,81	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,77	96,66	99,82
57,01	97,51	99,89	96,88	99,86	95,81	99,79	96,66	99,82
57,21	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,75	96,66	99,83

57,41	97,51	99,91	96,88	99,84	95,81	99,78	96,66	99,84
57,61	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,80	96,66	99,84
57,81	97,51	99,90	96,88	99,86	95,81	99,78	96,66	99,83
58,01	97,51	99,89	96,88	99,84	95,81	99,77	96,66	99,81
58,21	97,51	99,91	96,88	99,86	95,81	99,77	96,66	99,82
58,41	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,80	96,66	99,82
58,61	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,76	96,66	99,84
58,81	97,51	99,91	96,88	99,84	95,81	99,79	96,66	99,83
59,01	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,76	96,66	99,83
59,21	97,51	99,89	96,88	99,85	95,81	99,78	96,66	99,82
59,41	97,51	99,91	96,88	99,84	95,81	99,76	96,66	99,82
59,61	97,51	99,91	96,88	99,85	95,81	99,77	96,66	99,84
59,81	97,51	99,90	96,88	99,85	95,81	99,77	96,66	99,84
60,00	97,51	99,89	96,88	99,84	95,81	99,76	96,66	99,84

Tabel 2. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Sim 1 Bus D

Time	Variasi 3 Bus C		Variasi 3 Bus D		Variasi 4 Bus C		Variasi 4 Bus D	
	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V
0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2,00	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01
2,01	100,00	101,04	100,00	101,04	100,00	102,15	100,00	102,15
2,21	99,83	97,50	99,83	97,50	99,81	97,53	99,81	97,53
2,41	99,67	99,01	99,67	99,01	99,63	100,01	99,63	100,01
2,61	99,51	96,15	99,51	96,15	99,46	95,81	99,46	95,81
2,81	99,37	99,30	99,37	99,30	99,30	94,35	99,30	94,35
3,01	99,23	97,24	99,23	97,24	99,15	86,72	99,15	86,72
3,21	99,09	98,75	99,09	98,75	99,00	77,14	99,00	77,14
3,41	98,97	99,30	98,97	99,30	98,88	78,31	98,88	78,31
3,61	98,84	97,88	98,84	97,88	98,79	140,30	98,79	140,30

3,81	98,73	100,47	98,73	100,47	98,71	99,60	98,71	99,60
4,01	98,61	98,20	98,61	98,20	98,63	88,72	98,63	88,72
4,21	98,50	99,94	98,50	99,94	98,43	111,98	98,43	111,98
4,41	98,40	99,47	98,40	99,47	98,33	95,98	98,33	95,98
4,61	98,30	99,04	98,30	99,04	98,25	92,25	98,25	92,25
4,81	98,20	100,25	98,20	100,25	98,08	110,72	98,08	110,72
5,01	98,11	98,92	98,11	98,92	98,01	92,71	98,01	92,71
5,21	98,02	100,07	98,02	100,07	97,92	96,09	97,92	96,09
5,41	97,93	99,52	97,93	99,52	97,77	109,17	97,77	109,17
5,61	97,85	99,57	97,85	99,57	97,72	90,05	97,72	90,05
5,81	97,77	100,01	97,77	100,01	97,62	100,35	97,62	100,35
6,01	97,70	99,37	97,70	99,37	97,49	106,82	97,49	106,82
6,21	97,62	100,00	97,62	100,00	97,46	88,66	97,46	88,66
6,41	97,55	99,55	97,55	99,55	97,35	104,35	97,35	104,35
6,61	97,48	99,79	97,48	99,79	97,25	103,67	97,25	103,67
6,81	97,42	99,80	97,42	99,80	97,23	88,73	97,23	88,73
7,01	97,36	99,61	97,36	99,61	97,11	107,49	97,11	107,49
7,21	97,30	99,93	97,30	99,93	97,04	99,92	97,04	99,92
7,41	97,24	99,59	97,24	99,59	97,02	90,24	97,02	90,24
7,61	97,18	99,87	97,18	99,87	96,90	109,30	96,90	109,30
7,81	97,13	99,73	97,13	99,73	96,86	96,04	96,86	96,04
8,01	97,08	99,72	97,08	99,72	96,83	93,12	96,83	93,12
8,21	97,03	99,83	97,03	99,83	96,72	109,63	96,72	109,63
8,41	96,98	99,67	96,98	99,67	96,70	92,62	96,70	92,62
8,61	96,93	99,84	96,93	99,84	96,66	96,89	96,66	96,89
8,81	96,89	99,71	96,89	99,71	96,56	108,56	96,56	108,56
9,01	96,85	99,79	96,85	99,79	96,55	90,11	96,55	90,11
9,21	96,81	99,78	96,81	99,78	96,50	101,01	96,50	101,01
9,41	96,77	99,71	96,77	99,71	96,42	106,17	96,42	106,17
9,61	96,73	99,82	96,73	99,82	96,43	88,80	96,43	88,80
9,81	96,69	99,72	96,69	99,72	96,36	104,85	96,36	104,85
10,01	96,66	99,78	96,66	99,78	96,30	102,96	96,30	102,96
10,21	96,63	99,77	96,63	99,77	96,31	89,06	96,31	89,06
10,41	96,59	99,76	96,59	99,76	96,23	107,77	96,23	107,77
10,61	96,56	99,80	96,56	99,80	96,19	99,17	96,19	99,17
10,81	96,53	99,74	96,53	99,74	96,20	90,78	96,20	90,78
11,01	96,51	99,78	96,51	99,78	96,12	109,33	96,12	109,33

11,21	96,48	99,75	96,48	99,75	96,11	95,42	96,11	95,42
11,41	96,45	99,76	96,45	99,76	96,10	93,78	96,10	93,78
11,61	96,43	99,79	96,43	99,79	96,02	109,45	96,02	109,45
11,81	96,40	99,73	96,40	99,73	96,03	92,18	96,03	92,18
12,01	96,38	99,80	96,38	99,80	96,01	97,56	96,01	97,56
12,21	96,36	99,75	96,36	99,75	95,94	108,13	95,94	108,13
12,41	96,34	99,77	96,34	99,77	95,96	89,80	95,96	89,80
12,61	96,31	99,78	96,31	99,78	95,92	101,57	95,92	101,57
12,81	96,29	99,74	96,29	99,74	95,87	105,78	95,87	105,78
13,01	96,28	99,78	96,28	99,78	95,90	88,85	95,90	88,85
13,21	96,26	99,75	96,26	99,75	95,85	105,29	95,85	105,29
13,41	96,24	99,77	96,24	99,77	95,81	102,59	95,81	102,59
13,61	96,22	99,80	96,22	99,80	95,84	89,23	95,84	89,23
13,81	96,21	99,76	96,21	99,76	95,78	107,93	95,78	107,93
14,01	96,19	99,77	96,19	99,77	95,76	99,00	95,76	99,00
14,21	96,18	99,76	96,18	99,76	95,78	90,96	95,78	90,96
14,41	96,16	99,76	96,16	99,76	95,71	109,33	95,71	109,33
14,61	96,15	99,77	96,15	99,77	95,72	95,33	95,72	95,33
14,81	96,13	99,76	96,13	99,76	95,73	93,99	95,73	93,99
15,01	96,12	99,78	96,12	99,78	95,66	109,40	95,66	109,40
15,21	96,11	99,76	96,11	99,76	95,69	92,11	95,69	92,11
15,41	96,10	99,80	96,10	99,80	95,68	97,68	95,68	97,68
15,61	96,09	99,73	96,09	99,73	95,62	108,10	95,62	108,10
15,81	96,07	99,81	96,07	99,81	95,66	89,83	95,66	89,83
16,01	96,06	99,75	96,06	99,75	95,63	101,61	95,63	101,61
16,21	96,05	99,78	96,05	99,78	95,59	105,69	95,59	105,69
16,41	96,04	99,77	96,04	99,77	95,63	88,83	95,63	88,83
16,61	96,03	99,71	96,03	99,71	95,59	105,19	95,59	105,19
16,81	96,03	99,80	96,03	99,80	95,56	102,41	95,56	102,41
17,01	96,02	99,74	96,02	99,74	95,60	89,22	95,60	89,22
17,21	96,01	99,79	96,01	99,79	95,55	107,91	95,55	107,91
17,41	96,00	99,79	96,00	99,79	95,54	98,79	95,54	98,79
17,61	95,99	99,73	95,99	99,73	95,57	91,08	95,57	91,08
17,81	95,99	99,80	95,99	99,80	95,51	109,32	95,51	109,32
18,01	95,98	99,75	95,98	99,75	95,52	95,17	95,52	95,17
18,21	95,97	99,77	95,97	99,77	95,54	94,04	95,54	94,04
18,41	95,97	99,76	95,97	99,76	95,48	109,30	95,48	109,30

18,61	95,96	99,79	95,96	99,79	95,51	91,99	95,51	91,99
18,81	95,95	99,76	95,95	99,76	95,51	97,81	95,51	97,81
19,01	95,95	99,79	95,95	99,79	95,46	107,87	95,46	107,87
19,21	95,94	99,77	95,94	99,77	95,50	89,69	95,50	89,69
19,41	95,94	99,78	95,94	99,78	95,48	101,84	95,48	101,84
19,61	95,93	99,75	95,93	99,75	95,44	105,37	95,44	105,37
19,81	95,93	99,80	95,93	99,80	95,49	88,80	95,49	88,80
20,01	95,92	99,77	95,92	99,77	95,45	105,45	95,45	105,45
20,21	95,92	99,79	95,92	99,79	95,43	102,15	95,43	102,15
20,41	95,91	99,74	95,91	99,74	95,48	89,36	95,48	89,36
20,61	95,91	99,81	95,91	99,81	95,43	108,07	95,43	108,07
20,81	95,90	99,77	95,90	99,77	95,43	98,56	95,43	98,56
21,01	95,90	99,76	95,90	99,76	95,46	91,28	95,46	91,28
21,21	95,90	99,80	95,90	99,80	95,41	109,33	95,41	109,33
21,41	95,89	99,74	95,89	99,74	95,43	94,80	95,43	94,80
21,61	95,89	99,80	95,89	99,80	95,45	94,39	95,45	94,39
21,81	95,89	99,77	95,89	99,77	95,39	109,21	95,39	109,21
22,01	95,88	99,77	95,88	99,77	95,43	91,71	95,43	91,71
22,21	95,88	99,82	95,88	99,82	95,43	98,30	95,43	98,30
22,41	95,88	99,75	95,88	99,75	95,38	107,72	95,38	107,72
22,61	95,87	99,78	95,87	99,78	95,42	89,58	95,42	89,58
22,81	95,87	99,78	95,87	99,78	95,41	102,22	95,41	102,22
23,01	95,87	99,78	95,87	99,78	95,37	105,23	95,37	105,23
23,21	95,87	99,79	95,87	99,79	95,42	88,82	95,42	88,82
23,41	95,86	99,74	95,86	99,74	95,39	105,67	95,39	105,67
23,61	95,86	99,80	95,86	99,80	95,37	101,82	95,37	101,82
23,81	95,86	99,76	95,86	99,76	95,42	89,50	95,42	89,50
24,01	95,86	99,77	95,86	99,77	95,37	108,22	95,37	108,22
24,21	95,86	99,78	95,86	99,78	95,37	98,01	95,37	98,01
24,41	95,85	99,75	95,85	99,75	95,41	91,55	95,41	91,55
24,61	95,85	99,80	95,85	99,80	95,35	109,40	95,35	109,40
24,81	95,85	99,72	95,85	99,72	95,38	94,54	95,38	94,54
25,01	95,85	99,79	95,85	99,79	95,40	94,69	95,40	94,69
25,21	95,85	99,78	95,85	99,78	95,34	109,13	95,34	109,13
25,41	95,85	99,76	95,85	99,76	95,38	91,53	95,38	91,53
25,61	95,84	99,80	95,84	99,80	95,38	98,50	95,38	98,50
25,81	95,84	99,72	95,84	99,72	95,34	107,65	95,34	107,65

26,01	95,84	99,78	95,84	99,78	95,38	89,58	95,38	89,58
26,21	95,84	99,76	95,84	99,76	95,37	102,40	95,37	102,40
26,41	95,84	99,76	95,84	99,76	95,34	105,02	95,34	105,02
26,61	95,84	99,79	95,84	99,79	95,39	88,83	95,39	88,83
26,81	95,84	99,74	95,84	99,74	95,35	105,83	95,35	105,83
27,01	95,83	99,83	95,83	99,83	95,34	101,68	95,34	101,68
27,21	95,83	99,76	95,83	99,76	95,39	89,58	95,39	89,58
27,41	95,83	99,79	95,83	99,79	95,34	108,31	95,34	108,31
27,61	95,83	99,78	95,83	99,78	95,34	97,83	95,34	97,83
27,81	95,83	99,75	95,83	99,75	95,38	91,71	95,38	91,71
28,01	95,83	99,81	95,83	99,81	95,33	109,38	95,33	109,38
28,21	95,83	99,74	95,83	99,74	95,35	94,19	95,35	94,19
28,41	95,83	99,78	95,83	99,78	95,37	95,02	95,37	95,02
28,61	95,83	99,76	95,83	99,76	95,32	108,98	95,32	108,98
28,81	95,83	99,75	95,83	99,75	95,36	91,17	95,36	91,17
29,01	95,82	99,80	95,82	99,80	95,36	98,91	95,36	98,91
29,21	95,82	99,74	95,82	99,74	95,32	107,34	95,32	107,34
29,41	95,82	99,80	95,82	99,80	95,37	89,39	95,37	89,39
29,61	95,82	99,77	95,82	99,77	95,35	102,94	95,35	102,94
29,81	95,82	99,77	95,82	99,77	95,32	104,62	95,32	104,62
30,01	95,82	99,80	95,82	99,80	95,37	88,83	95,37	88,83
30,21	95,82	99,75	95,82	99,75	95,33	106,22	95,33	106,22
30,41	95,82	99,78	95,82	99,78	95,32	101,11	95,32	101,11
30,61	95,82	99,78	95,82	99,78	95,37	89,75	95,37	89,75
30,81	95,82	99,77	95,82	99,77	95,32	108,53	95,32	108,53
31,01	95,82	99,77	95,82	99,77	95,33	97,34	95,33	97,34
31,21	95,82	99,75	95,82	99,75	95,37	92,16	95,37	92,16
31,41	95,82	99,79	95,82	99,79	95,31	109,49	95,31	109,49
31,61	95,82	99,76	95,82	99,76	95,34	93,93	95,34	93,93
31,81	95,82	99,77	95,82	99,77	95,36	95,44	95,36	95,44
32,01	95,82	99,78	95,82	99,78	95,31	108,93	95,31	108,93
32,21	95,82	99,76	95,82	99,76	95,35	91,05	95,35	91,05
32,41	95,82	99,77	95,82	99,77	95,35	99,28	95,35	99,28
32,61	95,82	99,78	95,82	99,78	95,31	107,05	95,31	107,05
32,81	95,81	99,78	95,81	99,78	95,36	89,20	95,36	89,20
33,01	95,81	99,78	95,81	99,78	95,34	103,22	95,34	103,22
33,21	95,81	99,78	95,81	99,78	95,31	104,33	95,31	104,33

33,41	95,81	99,76	95,81	99,76	95,36	88,84	95,36	88,84
33,61	95,81	99,77	95,81	99,77	95,32	106,48	95,32	106,48
33,81	95,81	99,78	95,81	99,78	95,32	100,74	95,32	100,74
34,01	95,81	99,76	95,81	99,76	95,36	89,98	95,36	89,98
34,21	95,81	99,78	95,81	99,78	95,31	108,71	95,31	108,71
34,41	95,81	99,77	95,81	99,77	95,33	96,90	95,33	96,90
34,61	95,81	99,77	95,81	99,77	95,36	92,43	95,36	92,43
34,81	95,81	99,80	95,81	99,80	95,30	109,45	95,30	109,45
35,01	95,81	99,76	95,81	99,76	95,33	93,51	95,33	93,51
35,21	95,81	99,79	95,81	99,79	95,35	95,91	95,35	95,91
35,41	95,81	99,76	95,81	99,76	95,30	108,71	95,30	108,71
35,61	95,81	99,77	95,81	99,77	95,34	90,68	95,34	90,68
35,81	95,81	99,80	95,81	99,80	95,34	99,85	95,34	99,85
36,01	95,81	99,74	95,81	99,74	95,30	106,73	95,30	106,73
36,21	95,81	99,80	95,81	99,80	95,35	89,07	95,35	89,07
36,41	95,81	99,79	95,81	99,79	95,33	103,73	95,33	103,73
36,61	95,81	99,75	95,81	99,75	95,31	103,78	95,31	103,78
36,81	95,81	99,79	95,81	99,79	95,36	88,93	95,36	88,93
37,01	95,81	99,76	95,81	99,76	95,32	106,94	95,32	106,94
37,21	95,81	99,79	95,81	99,79	95,31	100,27	95,31	100,27
37,41	95,81	99,77	95,81	99,77	95,36	90,21	95,36	90,21
37,61	95,81	99,77	95,81	99,77	95,31	108,90	95,31	108,90
37,81	95,81	99,80	95,81	99,80	95,32	96,56	95,32	96,56
38,01	95,81	99,72	95,81	99,72	95,35	92,88	95,35	92,88
38,21	95,81	99,81	95,81	99,81	95,30	109,44	95,30	109,44
38,41	95,81	99,76	95,81	99,76	95,33	93,08	95,33	93,08
38,61	95,81	99,78	95,81	99,78	95,35	96,44	95,35	96,44
38,81	95,81	99,81	95,81	99,81	95,30	108,52	95,30	108,52
39,01	95,81	99,72	95,81	99,72	95,34	90,39	95,34	90,39
39,21	95,81	99,82	95,81	99,82	95,34	100,40	95,34	100,40
39,41	95,81	99,76	95,81	99,76	95,30	106,49	95,30	106,49
39,61	95,81	99,78	95,81	99,78	95,35	89,04	95,35	89,04
39,81	95,81	99,78	95,81	99,78	95,33	104,17	95,33	104,17
40,01	95,81	99,75	95,81	99,75	95,30	103,45	95,30	103,45
40,21	95,81	99,78	95,81	99,78	95,35	88,98	95,35	88,98
40,41	95,81	99,77	95,81	99,77	95,31	107,18	95,31	107,18
40,61	95,81	99,79	95,81	99,79	95,31	99,96	95,31	99,96

40,81	95,81	99,77	95,81	99,77	95,36	90,39	95,36	90,39
41,01	95,81	99,76	95,81	99,76	95,30	108,99	95,30	108,99
41,21	95,81	99,79	95,81	99,79	95,32	96,25	95,32	96,25
41,41	95,81	99,75	95,81	99,75	95,35	93,07	95,35	93,07
41,61	95,81	99,79	95,81	99,79	95,30	109,45	95,30	109,45
41,81	95,81	99,74	95,81	99,74	95,33	92,92	95,33	92,92
42,01	95,81	99,78	95,81	99,78	95,35	96,51	95,35	96,51
42,21	95,81	99,76	95,81	99,76	95,30	108,54	95,30	108,54
42,41	95,81	99,78	95,81	99,78	95,34	90,41	95,34	90,41
42,61	95,81	99,76	95,81	99,76	95,34	100,41	95,34	100,41
42,81	95,81	99,78	95,81	99,78	95,30	106,48	95,30	106,48
43,01	95,81	99,76	95,81	99,76	95,35	89,03	95,35	89,03
43,21	95,81	99,78	95,81	99,78	95,32	104,20	95,32	104,20
43,41	95,81	99,79	95,81	99,79	95,30	103,54	95,30	103,54
43,61	95,81	99,76	95,81	99,76	95,35	89,03	95,35	89,03
43,81	95,81	99,81	95,81	99,81	95,31	107,18	95,31	107,18
44,01	95,81	99,76	95,81	99,76	95,31	99,99	95,31	99,99
44,21	95,81	99,77	95,81	99,77	95,35	90,39	95,35	90,39
44,41	95,81	99,79	95,81	99,79	95,30	108,99	95,30	108,99
44,61	95,81	99,74	95,81	99,74	95,32	96,26	95,32	96,26
44,81	95,81	99,82	95,81	99,82	95,35	93,04	95,35	93,04
45,01	95,81	99,73	95,81	99,73	95,30	109,46	95,30	109,46
45,21	95,81	99,82	95,81	99,82	95,33	92,98	95,33	92,98
45,41	95,81	99,74	95,81	99,74	95,34	96,50	95,34	96,50
45,61	95,81	99,79	95,81	99,79	95,29	108,56	95,29	108,56
45,81	95,81	99,79	95,81	99,79	95,34	90,44	95,34	90,44
46,01	95,81	99,74	95,81	99,74	95,34	100,36	95,34	100,36
46,21	95,81	99,80	95,81	99,80	95,30	106,50	95,30	106,50
46,41	95,81	99,75	95,81	99,75	95,35	89,03	95,35	89,03
46,61	95,81	99,79	95,81	99,79	95,32	104,09	95,32	104,09
46,81	95,81	99,74	95,81	99,74	95,30	103,46	95,30	103,46
47,01	95,81	99,83	95,81	99,83	95,35	88,94	95,35	88,94
47,21	95,81	99,76	95,81	99,76	95,31	107,11	95,31	107,11
47,41	95,81	99,77	95,81	99,77	95,31	99,93	95,31	99,93
47,61	95,81	99,78	95,81	99,78	95,35	90,36	95,35	90,36
47,81	95,81	99,75	95,81	99,75	95,30	108,97	95,30	108,97
48,01	95,81	99,82	95,81	99,82	95,32	96,33	95,32	96,33

48,21	95,81	99,74	95,81	99,74	95,35	93,05	95,35	93,05
48,41	95,81	99,80	95,81	99,80	95,30	109,47	95,30	109,47
48,61	95,81	99,79	95,81	99,79	95,33	93,02	95,33	93,02
48,81	95,81	99,75	95,81	99,75	95,34	96,48	95,34	96,48
49,01	95,81	99,80	95,81	99,80	95,29	108,58	95,29	108,58
49,21	95,81	99,77	95,81	99,77	95,34	90,46	95,34	90,46
49,41	95,81	99,77	95,81	99,77	95,34	100,29	95,34	100,29
49,61	95,81	99,80	95,81	99,80	95,30	106,44	95,30	106,44
49,81	95,81	99,75	95,81	99,75	95,35	89,00	95,35	89,00
50,01	95,81	99,80	95,81	99,80	95,32	104,14	95,32	104,14
50,21	95,81	99,77	95,81	99,77	95,30	103,34	95,30	103,34
50,41	95,81	99,79	95,81	99,79	95,35	88,95	95,35	88,95
50,61	95,81	99,77	95,81	99,77	95,31	107,20	95,31	107,20
50,81	95,81	99,78	95,81	99,78	95,31	99,82	95,31	99,82
51,01	95,81	99,78	95,81	99,78	95,35	90,51	95,35	90,51
51,21	95,81	99,77	95,81	99,77	95,30	109,04	95,30	109,04
51,41	95,81	99,77	95,81	99,77	95,32	96,05	95,32	96,05
51,61	95,81	99,79	95,81	99,79	95,35	93,21	95,35	93,21
51,81	95,81	99,76	95,81	99,76	95,30	109,42	95,30	109,42
52,01	95,81	99,77	95,81	99,77	95,33	92,80	95,33	92,80
52,21	95,81	99,78	95,81	99,78	95,34	96,77	95,34	96,77
52,41	95,81	99,78	95,81	99,78	95,29	108,36	95,29	108,36
52,61	95,81	99,77	95,81	99,77	95,34	90,22	95,34	90,22
52,81	95,81	99,78	95,81	99,78	95,33	100,80	95,33	100,80
53,01	95,81	99,76	95,81	99,76	95,30	106,08	95,30	106,08
53,21	95,81	99,81	95,81	99,81	95,35	88,87	95,35	88,87
53,41	95,81	99,76	95,81	99,76	95,32	104,57	95,32	104,57
53,61	95,81	99,79	95,81	99,79	95,30	103,03	95,30	103,03
53,81	95,81	99,77	95,81	99,77	95,35	89,14	95,35	89,14
54,01	95,81	99,75	95,81	99,75	95,31	107,54	95,31	107,54
54,21	95,81	99,80	95,81	99,80	95,31	99,41	95,31	99,41
54,41	95,81	99,74	95,81	99,74	95,35	90,73	95,35	90,73
54,61	95,81	99,79	95,81	99,79	95,30	109,16	95,30	109,16
54,81	95,81	99,78	95,81	99,78	95,32	95,74	95,32	95,74
55,01	95,81	99,78	95,81	99,78	95,35	93,54	95,35	93,54
55,21	95,81	99,77	95,81	99,77	95,30	109,34	95,30	109,34
55,41	95,81	99,78	95,81	99,78	95,33	92,39	95,33	92,39

55,61	95,81	99,78	95,81	99,78	95,34	97,25	95,34	97,25
55,81	95,81	99,77	95,81	99,77	95,29	108,12	95,29	108,12
56,01	95,81	99,79	95,81	99,79	95,34	89,92	95,34	89,92
56,21	95,81	99,77	95,81	99,77	95,33	101,28	95,33	101,28
56,41	95,81	99,78	95,81	99,78	95,30	105,82	95,30	105,82
56,61	95,81	99,78	95,81	99,78	95,35	88,90	95,35	88,90
56,81	95,81	99,77	95,81	99,77	95,32	105,03	95,32	105,03
57,01	95,81	99,79	95,81	99,79	95,30	102,68	95,30	102,68
57,21	95,81	99,75	95,81	99,75	95,35	89,22	95,35	89,22
57,41	95,81	99,78	95,81	99,78	95,31	107,74	95,31	107,74
57,61	95,81	99,80	95,81	99,80	95,31	98,92	95,31	98,92
57,81	95,81	99,78	95,81	99,78	95,35	90,98	95,35	90,98
58,01	95,81	99,77	95,81	99,77	95,30	109,23	95,30	109,23
58,21	95,81	99,77	95,81	99,77	95,32	95,21	95,32	95,21
58,41	95,81	99,80	95,81	99,80	95,35	94,00	95,35	94,00
58,61	95,81	99,76	95,81	99,76	95,30	109,26	95,30	109,26
58,81	95,81	99,79	95,81	99,79	95,33	91,98	95,33	91,98
59,01	95,81	99,76	95,81	99,76	95,34	97,76	95,34	97,76
59,21	95,81	99,78	95,81	99,78	95,29	107,92	95,29	107,92
59,41	95,81	99,76	95,81	99,76	95,34	89,78	95,34	89,78
59,61	95,81	99,77	95,81	99,77	95,33	101,80	95,33	101,80
59,81	95,81	99,77	95,81	99,77	95,30	105,47	95,30	105,47
60,00	95,81	99,76	95,81	99,76	95,35	88,98	95,35	88,98

Tabel 3. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Sim 2

Time	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3		Variasi 4	
	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V
0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2,00	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01

2,01	100,00	100,51	100,00	100,97	100,00	101,04	100,00	102,15
2,21	99,89	99,00	99,85	98,04	99,83	97,50	99,81	97,53
2,41	99,78	98,60	99,70	98,07	99,67	99,01	99,63	100,01
2,61	99,67	98,61	99,56	98,04	99,51	96,15	99,46	95,81
2,81	99,57	98,77	99,43	98,10	99,37	99,30	99,30	94,35
3,01	99,48	98,96	99,30	98,44	99,23	97,24	99,15	86,72
3,21	99,39	99,12	99,19	98,72	99,09	98,74	99,00	77,14
3,41	99,31	99,29	99,07	98,91	98,97	99,27	98,88	78,31
3,61	99,22	99,43	98,96	99,12	98,84	97,82	98,79	140,30
3,81	99,14	99,51	98,86	99,29	98,73	100,45	98,71	99,60
4,01	99,07	99,61	98,75	99,38	98,61	98,15	98,63	88,72
4,21	99,00	99,66	98,66	99,48	98,50	100,00	98,43	111,98
4,41	98,93	99,72	98,56	99,53	98,40	99,41	98,33	95,98
4,61	98,86	99,74	98,47	99,61	98,30	99,03	98,25	92,25
4,81	98,79	99,77	98,39	99,63	98,20	100,25	98,08	110,72
5,01	98,73	99,80	98,30	99,67	98,11	98,92	98,01	92,71
5,21	98,67	99,81	98,22	99,72	98,02	100,09	97,92	96,09
5,41	98,61	99,82	98,14	99,73	97,93	99,50	97,77	109,17
5,61	98,56	99,84	98,07	99,74	97,85	99,56	97,72	90,05
5,81	98,51	99,84	98,00	99,77	97,77	99,99	97,62	100,35
6,01	98,46	99,86	97,93	99,77	97,70	99,39	97,49	106,82
6,21	98,41	99,85	97,86	99,74	97,62	100,00	97,46	88,66
6,41	98,36	99,86	97,80	99,78	97,55	99,56	97,35	104,35
6,61	98,31	99,87	97,74	99,79	97,48	99,77	97,25	103,67
6,81	98,27	99,86	97,68	99,77	97,42	99,82	97,23	88,73
7,01	98,23	99,86	97,63	99,79	97,36	99,60	97,11	107,49
7,21	98,19	99,85	97,57	99,79	97,30	99,91	97,04	99,92
7,41	98,15	99,87	97,52	99,79	97,24	99,62	97,02	90,24
7,61	98,11	99,87	97,47	99,78	97,18	99,83	96,90	109,30
7,81	98,08	99,88	97,42	99,80	97,13	99,74	96,86	96,04
8,01	98,04	99,88	97,38	99,77	97,08	99,72	96,83	93,12
8,21	98,01	99,87	97,33	99,79	97,03	99,85	96,72	109,63
8,41	97,98	99,87	97,29	99,78	96,98	99,67	96,70	92,62
8,61	97,95	99,86	97,25	99,77	96,93	99,85	96,66	96,89
8,81	97,92	99,86	97,21	99,80	96,89	99,71	96,56	108,56
9,01	97,89	99,88	97,17	99,79	96,85	99,75	96,55	90,11
9,21	97,86	99,88	97,13	99,79	96,81	99,81	96,50	101,01

9,41	97,84	99,88	97,10	99,79	96,77	99,70	96,42	106,17
9,61	97,81	99,88	97,06	99,79	96,73	99,81	96,43	88,80
9,81	97,79	99,87	97,03	99,80	96,69	99,72	96,36	104,85
10,01	97,76	99,88	97,00	99,78	96,66	99,76	96,30	102,96
10,21	97,74	99,86	96,97	99,80	96,63	99,78	96,31	89,06
10,41	97,72	99,87	96,94	99,79	96,59	99,72	96,23	107,77
10,61	97,70	99,87	96,92	99,76	96,56	99,81	96,19	99,16
10,81	97,68	99,87	96,89	99,79	96,53	99,72	96,20	90,78
11,01	97,66	99,88	96,86	99,79	96,51	99,76	96,12	109,33
11,21	97,64	99,88	96,84	99,79	96,48	99,79	96,11	95,39
11,41	97,63	99,87	96,82	99,80	96,45	99,71	96,10	93,79
11,61	97,61	99,87	96,79	99,80	96,43	99,80	96,02	109,49
11,81	97,59	99,86	96,77	99,80	96,40	99,72	96,03	92,25
12,01	97,58	99,86	96,75	99,80	96,38	99,77	96,01	97,54
12,21	97,56	99,87	96,73	99,80	96,36	99,78	95,94	108,18
12,41	97,55	99,87	96,71	99,80	96,34	99,73	95,96	89,85
12,61	97,53	99,87	96,69	99,80	96,31	99,79	95,92	101,56
12,81	97,52	99,88	96,67	99,80	96,29	99,73	95,87	105,80
13,01	97,51	99,87	96,66	99,80	96,28	99,75	95,90	88,85
13,21	97,50	99,88	96,64	99,79	96,26	99,78	95,85	105,25
13,41	97,48	99,88	96,62	99,80	96,24	99,73	95,81	102,57
13,61	97,47	99,89	96,61	99,81	96,22	99,79	95,84	89,20
13,81	97,46	99,86	96,59	99,80	96,21	99,76	95,78	107,91
14,01	97,45	99,86	96,58	99,79	96,19	99,78	95,76	98,99
14,21	97,44	99,88	96,57	99,81	96,18	99,76	95,78	90,95
14,41	97,43	99,87	96,55	99,80	96,16	99,76	95,71	109,32
14,61	97,42	99,87	96,54	99,80	96,15	99,76	95,72	95,31
14,81	97,41	99,88	96,53	99,80	96,13	99,75	95,73	93,97
15,01	97,41	99,87	96,52	99,80	96,12	99,76	95,66	109,36
15,21	97,40	99,88	96,51	99,80	96,11	99,76	95,69	92,06
15,41	97,39	99,87	96,50	99,80	96,10	99,76	95,68	97,69
15,61	97,38	99,87	96,49	99,79	96,09	99,78	95,62	108,05
15,81	97,37	99,87	96,48	99,81	96,07	99,75	95,66	89,79
16,01	97,37	99,88	96,47	99,80	96,06	99,77	95,63	101,66
16,21	97,36	99,89	96,46	99,81	96,05	99,78	95,59	105,55
16,41	97,35	99,87	96,45	99,79	96,04	99,75	95,63	88,80
16,61	97,35	99,86	96,44	99,80	96,03	99,79	95,59	105,36

16,81	97,34	99,87	96,43	99,80	96,03	99,75	95,56	102,16
17,01	97,34	99,86	96,43	99,80	96,02	99,78	95,60	89,29
17,21	97,33	99,87	96,42	99,80	96,01	99,76	95,55	108,06
17,41	97,33	99,87	96,41	99,79	96,00	99,76	95,54	98,48
17,61	97,32	99,86	96,40	99,79	95,99	99,79	95,57	91,33
17,81	97,32	99,86	96,40	99,81	95,99	99,76	95,51	109,42
18,01	97,31	99,88	96,39	99,79	95,98	99,78	95,53	94,94
18,21	97,31	99,88	96,39	99,79	95,97	99,77	95,54	94,31
18,41	97,30	99,89	96,38	99,80	95,97	99,76	95,48	109,30
18,61	97,30	99,88	96,37	99,80	95,96	99,79	95,51	91,89
18,81	97,29	99,88	96,37	99,78	95,95	99,75	95,51	98,04
19,01	97,29	99,88	96,36	99,81	95,95	99,78	95,46	107,91
19,21	97,29	99,88	96,36	99,79	95,94	99,76	95,50	89,74
19,41	97,28	99,87	96,35	99,79	95,94	99,77	95,48	101,97
19,61	97,28	99,87	96,35	99,80	95,93	99,80	95,44	105,34
19,81	97,28	99,88	96,34	99,80	95,93	99,74	95,49	88,79
20,01	97,27	99,88	96,34	99,80	95,92	99,76	95,45	105,49
20,21	97,27	99,89	96,34	99,81	95,92	99,76	95,43	102,15
20,41	97,27	99,88	96,33	99,79	95,91	99,75	95,48	89,36
20,61	97,26	99,87	96,33	99,80	95,91	99,78	95,43	108,08
20,81	97,26	99,87	96,32	99,81	95,90	99,73	95,43	98,51
21,01	97,26	99,88	96,32	99,79	95,90	99,79	95,46	91,32
21,21	97,26	99,88	96,32	99,78	95,90	99,75	95,41	109,38
21,41	97,25	99,87	96,31	99,78	95,89	99,77	95,43	94,92
21,61	97,25	99,86	96,31	99,79	95,89	99,75	95,45	94,37
21,81	97,25	99,86	96,31	99,81	95,89	99,78	95,39	109,22
22,01	97,25	99,87	96,31	99,80	95,88	99,75	95,42	91,77
22,21	97,25	99,87	96,30	99,80	95,88	99,76	95,43	98,12
22,41	97,24	99,88	96,30	99,80	95,88	99,76	95,38	107,80
22,61	97,24	99,88	96,30	99,77	95,87	99,77	95,42	89,66
22,81	97,24	99,87	96,30	99,81	95,87	99,77	95,41	102,04
23,01	97,24	99,88	96,29	99,82	95,87	99,75	95,37	105,30
23,21	97,24	99,89	96,29	99,81	95,87	99,76	95,42	88,81
23,41	97,24	99,89	96,29	99,79	95,86	99,76	95,39	105,61
23,61	97,23	99,89	96,29	99,79	95,86	99,78	95,37	101,86
23,81	97,23	99,88	96,28	99,80	95,86	99,75	95,42	89,44
24,01	97,23	99,89	96,28	99,79	95,86	99,76	95,37	108,17

24,21	97,23	99,88	96,28	99,79	95,86	99,76	95,37	98,26
24,41	97,23	99,87	96,28	99,80	95,85	99,76	95,41	91,50
24,61	97,23	99,88	96,28	99,79	95,85	99,74	95,35	109,36
24,81	97,23	99,87	96,28	99,80	95,85	99,80	95,38	94,52
25,01	97,22	99,87	96,27	99,79	95,85	99,75	95,40	94,66
25,21	97,22	99,88	96,27	99,80	95,85	99,81	95,34	109,15
25,41	97,22	99,88	96,27	99,80	95,85	99,77	95,38	91,57
25,61	97,22	99,89	96,27	99,80	95,84	99,75	95,38	98,49
25,81	97,22	99,88	96,27	99,80	95,84	99,77	95,34	107,66
26,01	97,22	99,89	96,27	99,80	95,84	99,76	95,38	89,58
26,21	97,22	99,87	96,27	99,80	95,84	99,76	95,37	102,41
26,41	97,22	99,88	96,27	99,80	95,84	99,78	95,34	105,00
26,61	97,22	99,89	96,26	99,81	95,84	99,75	95,39	88,84
26,81	97,22	99,89	96,26	99,80	95,84	99,78	95,35	105,89
27,01	97,21	99,88	96,26	99,79	95,83	99,73	95,34	101,55
27,21	97,21	99,89	96,26	99,80	95,83	99,79	95,39	89,63
27,41	97,21	99,88	96,26	99,81	95,83	99,75	95,34	108,37
27,61	97,21	99,88	96,26	99,80	95,83	99,78	95,35	97,74
27,81	97,21	99,88	96,26	99,81	95,83	99,77	95,38	91,81
28,01	97,21	99,88	96,26	99,81	95,83	99,74	95,33	109,43
28,21	97,21	99,87	96,26	99,78	95,83	99,78	95,35	94,27
28,41	97,21	99,87	96,26	99,80	95,83	99,76	95,37	95,06
28,61	97,21	99,86	96,25	99,80	95,83	99,77	95,32	109,06
28,81	97,21	99,87	96,25	99,80	95,83	99,76	95,36	91,32
29,01	97,21	99,88	96,25	99,80	95,82	99,77	95,36	98,89
29,21	97,21	99,87	96,25	99,79	95,82	99,77	95,32	107,37
29,41	97,21	99,87	96,25	99,81	95,82	99,76	95,37	89,40
29,61	97,21	99,87	96,25	99,80	95,82	99,77	95,35	102,78
29,81	97,21	99,88	96,25	99,80	95,82	99,74	95,32	104,70
30,01	97,21	99,87	96,25	99,79	95,82	99,77	95,37	88,85
30,21	97,21	99,87	96,25	99,82	95,82	99,75	95,33	106,18
30,41	97,21	99,88	96,25	99,79	95,82	99,78	95,32	101,30
30,61	97,21	99,87	96,25	99,79	95,82	99,77	95,37	89,68
30,81	97,20	99,89	96,25	99,80	95,82	99,76	95,32	108,44
31,01	97,20	99,87	96,25	99,79	95,82	99,77	95,33	97,58
31,21	97,20	99,87	96,25	99,80	95,82	99,73	95,37	91,99
31,41	97,20	99,88	96,25	99,79	95,82	99,80	95,31	109,46

31,61	97,20	99,88	96,25	99,81	95,82	99,73	95,34	94,09
31,81	97,20	99,87	96,25	99,80	95,82	99,78	95,36	95,18
32,01	97,20	99,88	96,25	99,80	95,82	99,77	95,31	108,93
32,21	97,20	99,87	96,25	99,81	95,82	99,74	95,35	91,07
32,41	97,20	99,87	96,25	99,79	95,82	99,77	95,35	99,10
32,61	97,20	99,87	96,24	99,79	95,82	99,76	95,31	107,15
32,81	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,77	95,36	89,25
33,01	97,20	99,87	96,24	99,77	95,81	99,76	95,34	103,11
33,21	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,78	95,31	104,29
33,41	97,20	99,89	96,24	99,81	95,81	99,75	95,36	88,80
33,61	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,79	95,32	106,48
33,81	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,76	95,32	100,73
34,01	97,20	99,87	96,24	99,81	95,81	99,76	95,36	89,93
34,21	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,80	95,31	108,69
34,41	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,75	95,32	97,09
34,61	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,77	95,36	92,36
34,81	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,75	95,30	109,43
35,01	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,77	95,33	93,58
35,21	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,75	95,35	95,74
35,41	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,78	95,30	108,82
35,61	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,73	95,34	90,88
35,81	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,79	95,34	99,67
36,01	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,75	95,30	107,00
36,21	97,20	99,88	96,24	99,78	95,81	99,76	95,35	89,23
36,41	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,78	95,33	103,48
36,61	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,74	95,30	104,16
36,81	97,20	99,88	96,24	99,78	95,81	99,77	95,36	88,89
37,01	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,74	95,32	106,66
37,21	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,76	95,31	100,66
37,41	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,77	95,36	90,01
37,61	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,74	95,31	108,74
37,81	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,78	95,32	96,99
38,01	97,20	99,87	96,24	99,81	95,81	99,76	95,36	92,38
38,21	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,76	95,30	109,46
38,41	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,79	95,33	93,61
38,61	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,75	95,35	95,72
38,81	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,78	95,30	108,85

39,01	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,75	95,34	90,88
39,21	97,20	99,86	96,24	99,81	95,81	99,79	95,34	99,56
39,41	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,76	95,30	106,91
39,61	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,79	95,35	89,13
39,81	97,20	99,86	96,24	99,80	95,81	99,76	95,33	103,51
40,01	97,20	99,86	96,24	99,79	95,81	99,79	95,30	104,08
40,21	97,20	99,88	96,24	99,77	95,81	99,76	95,35	88,89
40,41	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,77	95,32	106,71
40,61	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,76	95,31	100,66
40,81	97,20	99,87	96,24	99,77	95,81	99,75	95,36	90,04
41,01	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,78	95,31	108,76
41,21	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,74	95,32	97,02
41,41	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,78	95,35	92,42
41,61	97,20	99,89	96,24	99,79	95,81	99,75	95,30	109,46
41,81	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,74	95,33	93,58
42,01	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,80	95,35	95,76
42,21	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,73	95,30	108,79
42,41	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,80	95,34	90,81
42,61	97,20	99,89	96,24	99,79	95,81	99,75	95,34	99,65
42,81	97,20	99,87	96,24	99,78	95,81	99,76	95,30	106,91
43,01	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,73	95,35	89,14
43,21	97,20	99,89	96,24	99,82	95,81	99,77	95,33	103,54
43,41	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,78	95,30	104,01
43,61	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,73	95,35	88,93
43,81	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,80	95,31	106,82
44,01	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,72	95,31	100,46
44,21	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,80	95,35	90,17
44,41	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,71	95,30	108,86
44,61	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,80	95,32	96,73
44,81	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,75	95,35	92,64
45,01	97,20	99,86	96,24	99,78	95,81	99,76	95,30	109,46
45,21	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,81	95,33	93,31
45,41	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,75	95,35	96,12
45,61	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,77	95,30	108,61
45,81	97,20	99,88	96,24	99,77	95,81	99,78	95,34	90,50
46,01	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,77	95,34	100,10
46,21	97,20	99,89	96,24	99,81	95,81	99,79	95,30	106,61

46,41	97,20	99,89	96,24	99,79	95,81	99,75	95,35	89,08
46,61	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,76	95,32	104,02
46,81	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,77	95,30	103,69
47,01	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,77	95,35	88,99
47,21	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,77	95,31	107,07
47,41	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,76	95,31	100,16
47,61	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,74	95,35	90,28
47,81	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,78	95,30	108,91
48,01	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,76	95,32	96,34
48,21	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,76	95,35	93,00
48,41	97,20	99,89	96,24	99,79	95,81	99,80	95,30	109,39
48,61	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,72	95,33	92,83
48,81	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,83	95,34	96,60
49,01	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,74	95,29	108,44
49,21	97,20	99,89	96,24	99,79	95,81	99,78	95,34	90,31
49,41	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,77	95,33	100,63
49,61	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,75	95,30	106,27
49,81	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,79	95,35	88,96
50,01	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,74	95,32	104,38
50,21	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,78	95,30	103,31
50,41	97,20	99,88	96,24	99,78	95,81	99,76	95,35	89,06
50,61	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,78	95,31	107,34
50,81	97,20	99,87	96,24	99,81	95,81	99,78	95,31	99,63
51,01	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,75	95,35	90,62
51,21	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,77	95,30	109,10
51,41	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,78	95,32	95,88
51,61	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,76	95,35	93,39
51,81	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,76	95,30	109,38
52,01	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,77	95,33	92,55
52,21	97,20	99,89	96,24	99,79	95,81	99,76	95,34	97,13
52,41	97,20	99,89	96,24	99,81	95,81	99,79	95,29	108,27
52,61	97,20	99,89	96,24	99,81	95,81	99,76	95,34	90,09
52,81	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,78	95,33	101,14
53,01	97,20	99,89	96,24	99,82	95,81	99,76	95,30	105,96
53,21	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,73	95,35	88,88
53,41	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,80	95,32	104,82
53,61	97,20	99,89	96,24	99,81	95,81	99,74	95,30	102,88

53,81	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,76	95,35	89,16
54,01	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,77	95,31	107,61
54,21	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,75	95,31	99,13
54,41	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,75	95,35	90,79
54,61	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,79	95,30	109,19
54,81	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,75	95,32	95,59
55,01	97,20	99,89	96,24	99,79	95,81	99,78	95,35	93,64
55,21	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,77	95,30	109,37
55,41	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,77	95,33	92,40
55,61	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,75	95,34	97,34
55,81	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,77	95,29	108,24
56,01	97,20	99,88	96,24	99,81	95,81	99,76	95,34	90,07
56,21	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,73	95,33	101,18
56,41	97,20	99,87	96,24	99,79	95,81	99,77	95,30	106,00
56,61	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,76	95,35	88,90
56,81	97,20	99,87	96,24	99,80	95,81	99,76	95,32	104,75
57,01	97,20	99,87	96,24	99,81	95,81	99,76	95,30	102,85
57,21	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,77	95,35	89,17
57,41	97,20	99,86	96,24	99,79	95,81	99,76	95,31	107,62
57,61	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,75	95,31	99,10
57,81	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,78	95,35	90,83
58,01	97,20	99,89	96,24	99,80	95,81	99,74	95,30	109,19
58,21	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,79	95,32	95,49
58,41	97,20	99,87	96,24	99,78	95,81	99,74	95,35	93,81
58,61	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,79	95,30	109,29
58,81	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,77	95,33	92,16
59,01	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,73	95,34	97,58
59,21	97,20	99,88	96,24	99,79	95,81	99,80	95,29	107,96
59,41	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,73	95,34	89,82
59,61	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,79	95,33	101,66
59,81	97,20	99,88	96,24	99,80	95,81	99,76	95,30	105,55
60,00	97,20	99,87	96,24	99,82	95,81	99,78	95,35	88,98

Tabel 4. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Sim 3

Time	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3	
	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V
0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

0,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,60	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2,00	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01
2,01	100,00	100,81	100,00	101,04	100,00	101,02
2,21	99,86	98,64	99,83	97,50	99,81	98,46
2,41	99,73	98,21	99,67	99,01	99,63	94,96
2,61	99,61	98,25	99,51	96,15	99,46	104,75
2,81	99,49	98,43	99,37	99,30	99,30	83,76
3,01	99,38	98,66	99,23	97,24	99,15	116,10
3,21	99,28	98,90	99,09	98,74	99,01	78,38
3,41	99,17	99,10	98,97	99,27	98,88	118,03
3,61	99,08	99,26	98,84	97,82	98,77	113,22
3,81	98,98	99,38	98,73	100,45	98,67	99,57
4,01	98,89	99,47	98,61	98,15	98,63	7,10
4,21	98,81	99,56	98,50	100,00	98,57	111,16
4,41	98,72	99,63	98,40	99,41	98,55	104,20
4,61	98,64	99,66	98,30	99,03	98,53	97,14
4,81	98,57	99,71	98,20	100,25	98,51	91,69
5,01	98,49	99,72	98,11	98,92	98,44	89,63
5,21	98,42	99,74	98,02	100,09	98,33	90,88
5,41	98,35	99,77	97,93	99,50	98,19	94,57
5,61	98,29	99,79	97,85	99,56	98,01	99,66
5,81	98,23	99,80	97,77	99,99	97,83	104,37
6,01	98,16	99,80	97,70	99,39	97,69	106,56
6,21	98,11	99,80	97,62	100,00	97,61	105,66
6,41	98,05	99,79	97,55	99,56	97,56	102,41
6,61	98,00	99,81	97,48	99,77	97,54	98,18
6,81	97,94	99,82	97,42	99,82	97,52	94,76
7,01	97,89	99,81	97,36	99,60	97,47	93,56
7,21	97,85	99,80	97,30	99,91	97,38	95,00
7,41	97,80	99,81	97,24	99,62	97,26	98,36

7,61	97,76	99,82	97,18	99,83	97,13	102,10
7,81	97,71	99,81	97,13	99,74	97,02	104,44
8,01	97,67	99,83	97,08	99,72	96,94	104,50
8,21	97,63	99,83	97,03	99,85	96,90	102,54
8,41	97,60	99,83	96,98	99,67	96,89	99,53
8,61	97,56	99,82	96,93	99,85	96,88	96,74
8,81	97,52	99,83	96,89	99,71	96,85	95,34
9,01	97,49	99,83	96,85	99,75	96,79	95,87
9,21	97,46	99,83	96,81	99,81	96,71	98,06
9,41	97,43	99,83	96,77	99,70	96,62	100,84
9,61	97,40	99,83	96,73	99,81	96,53	102,92
9,81	97,37	99,84	96,69	99,72	96,47	103,35
10,01	97,34	99,81	96,66	99,76	96,44	102,14
10,21	97,31	99,83	96,63	99,78	96,43	99,92
10,41	97,29	99,83	96,59	99,72	96,43	97,74
10,61	97,26	99,83	96,56	99,81	96,41	96,58
10,81	97,24	99,83	96,53	99,72	96,38	96,86
11,01	97,22	99,81	96,51	99,76	96,32	98,39
11,21	97,20	99,81	96,48	99,79	96,25	100,42
11,41	97,18	99,82	96,45	99,71	96,19	102,02
11,61	97,16	99,83	96,43	99,80	96,15	102,46
11,81	97,14	99,83	96,40	99,72	96,12	101,57
12,01	97,12	99,81	96,38	99,77	96,12	99,90
12,21	97,10	99,81	96,36	99,78	96,12	98,29
12,41	97,08	99,83	96,34	99,73	96,11	97,42
12,61	97,07	99,82	96,31	99,79	96,08	97,64
12,81	97,05	99,82	96,29	99,73	96,04	98,79
13,01	97,04	99,82	96,28	99,75	95,99	100,31
13,21	97,02	99,82	96,26	99,78	95,95	101,50
13,41	97,01	99,82	96,24	99,73	95,91	101,81
13,61	96,99	99,82	96,22	99,79	95,90	101,16
13,81	96,98	99,82	96,21	99,76	95,90	99,92
14,01	96,97	99,82	96,19	99,78	95,90	98,68
14,21	96,96	99,83	96,18	99,76	95,89	97,99
14,41	96,95	99,83	96,16	99,76	95,87	98,12
14,61	96,93	99,83	96,15	99,76	95,84	98,97
14,81	96,92	99,82	96,13	99,75	95,81	100,11

15,01	96,91	99,83	96,12	99,76	95,78	101,03
15,21	96,90	99,82	96,11	99,76	95,75	101,31
15,41	96,89	99,84	96,10	99,76	95,74	100,87
15,61	96,89	99,83	96,09	99,78	95,74	99,97
15,81	96,88	99,82	96,07	99,75	95,74	99,03
16,01	96,87	99,82	96,06	99,77	95,74	98,45
16,21	96,86	99,82	96,05	99,78	95,73	98,47
16,41	96,85	99,83	96,04	99,75	95,71	99,05
16,61	96,85	99,82	96,03	99,79	95,68	99,90
16,81	96,84	99,82	96,03	99,75	95,66	100,62
17,01	96,83	99,83	96,02	99,78	95,64	100,90
17,21	96,83	99,82	96,01	99,76	95,63	100,65
17,41	96,82	99,83	96,00	99,76	95,63	100,01
17,61	96,81	99,83	95,99	99,79	95,63	99,29
17,81	96,81	99,83	95,99	99,76	95,63	98,81
18,01	96,80	99,83	95,98	99,78	95,62	98,77
18,21	96,80	99,84	95,97	99,77	95,61	99,16
18,41	96,79	99,82	95,97	99,76	95,59	99,78
18,61	96,79	99,83	95,96	99,79	95,57	100,33
18,81	96,78	99,83	95,95	99,75	95,56	100,58
19,01	96,78	99,82	95,95	99,78	95,55	100,44
19,21	96,77	99,83	95,94	99,76	95,55	99,99
19,41	96,77	99,84	95,94	99,77	95,55	99,46
19,61	96,76	99,84	95,93	99,80	95,55	99,08
19,81	96,76	99,84	95,93	99,74	95,55	99,02
20,01	96,76	99,83	95,92	99,76	95,54	99,28
20,21	96,75	99,83	95,92	99,76	95,53	99,72
20,41	96,75	99,83	95,91	99,75	95,51	100,14
20,61	96,75	99,84	95,91	99,78	95,50	100,36
20,81	96,74	99,83	95,90	99,73	95,50	100,28
21,01	96,74	99,83	95,90	99,79	95,50	99,97
21,21	96,74	99,83	95,90	99,75	95,50	99,57
21,41	96,73	99,83	95,89	99,77	95,50	99,26
21,61	96,73	99,83	95,89	99,75	95,50	99,19
21,81	96,73	99,83	95,89	99,78	95,49	99,36
22,01	96,73	99,82	95,88	99,75	95,48	99,68
22,21	96,72	99,83	95,88	99,76	95,47	100,01

22,41	96,72	99,83	95,88	99,76	95,47	100,20
22,61	96,72	99,84	95,87	99,77	95,46	100,17
22,81	96,72	99,84	95,87	99,77	95,46	99,95
23,01	96,71	99,82	95,87	99,75	95,46	99,66
23,21	96,71	99,83	95,87	99,76	95,46	99,41
23,41	96,71	99,82	95,86	99,76	95,46	99,33
23,61	96,71	99,82	95,86	99,78	95,46	99,42
23,81	96,71	99,84	95,86	99,75	95,45	99,65
24,01	96,71	99,83	95,86	99,76	95,44	99,91
24,21	96,70	99,83	95,86	99,76	95,44	100,07
24,41	96,70	99,83	95,85	99,76	95,43	100,07
24,61	96,70	99,82	95,85	99,74	95,43	99,93
24,81	96,70	99,84	95,85	99,80	95,43	99,71
25,01	96,70	99,83	95,85	99,75	95,44	99,52
25,21	96,70	99,84	95,85	99,81	95,44	99,43
25,41	96,70	99,82	95,85	99,77	95,43	99,48
25,61	96,69	99,84	95,84	99,75	95,43	99,64
25,81	96,69	99,82	95,84	99,77	95,42	99,83
26,01	96,69	99,82	95,84	99,76	95,42	99,96
26,21	96,69	99,83	95,84	99,76	95,42	99,98
26,41	96,69	99,82	95,84	99,78	95,42	99,89
26,61	96,69	99,83	95,84	99,75	95,42	99,74
26,81	96,69	99,83	95,84	99,78	95,42	99,59
27,01	96,69	99,84	95,83	99,73	95,42	99,52
27,21	96,69	99,84	95,83	99,79	95,41	99,55
27,41	96,69	99,84	95,83	99,75	95,41	99,65
27,61	96,68	99,83	95,83	99,78	95,41	99,79
27,81	96,68	99,84	95,83	99,77	95,41	99,90
28,01	96,68	99,83	95,83	99,74	95,40	99,92
28,21	96,68	99,83	95,83	99,78	95,40	99,86
28,41	96,68	99,84	95,83	99,76	95,40	99,75
28,61	96,68	99,84	95,83	99,77	95,40	99,64
28,81	96,68	99,84	95,83	99,76	95,40	99,58
29,01	96,68	99,84	95,82	99,77	95,40	99,59
29,21	96,68	99,83	95,82	99,77	95,40	99,67
29,41	96,68	99,83	95,82	99,76	95,40	99,76
29,61	96,68	99,83	95,82	99,77	95,40	99,84

29,81	96,68	99,84	95,82	99,74	95,39	99,87
30,01	96,68	99,82	95,82	99,77	95,39	99,84
30,21	96,68	99,81	95,82	99,75	95,39	99,77
30,41	96,68	99,83	95,82	99,78	95,39	99,68
30,61	96,68	99,83	95,82	99,77	95,39	99,62
30,81	96,68	99,84	95,82	99,76	95,39	99,61
31,01	96,67	99,83	95,82	99,77	95,39	99,66
31,21	96,67	99,82	95,82	99,73	95,39	99,73
31,41	96,67	99,84	95,82	99,80	95,39	99,80
31,61	96,67	99,84	95,82	99,73	95,39	99,83
31,81	96,67	99,83	95,82	99,78	95,39	99,82
32,01	96,67	99,83	95,82	99,77	95,39	99,78
32,21	96,67	99,83	95,82	99,74	95,39	99,71
32,41	96,67	99,82	95,82	99,77	95,39	99,66
32,61	96,67	99,82	95,82	99,76	95,39	99,65
32,81	96,67	99,83	95,81	99,77	95,39	99,68
33,01	96,67	99,83	95,81	99,76	95,39	99,74
33,21	96,67	99,83	95,81	99,78	95,38	99,79
33,41	96,67	99,82	95,81	99,75	95,38	99,82
33,61	96,67	99,83	95,81	99,79	95,38	99,80
33,81	96,67	99,83	95,81	99,76	95,38	99,76
34,01	96,67	99,84	95,81	99,76	95,38	99,71
34,21	96,67	99,83	95,81	99,80	95,38	99,67
34,41	96,67	99,84	95,81	99,75	95,38	99,67
34,61	96,67	99,83	95,81	99,77	95,38	99,69
34,81	96,67	99,84	95,81	99,75	95,38	99,73
35,01	96,67	99,83	95,81	99,77	95,38	99,77
35,21	96,67	99,84	95,81	99,75	95,38	99,79
35,41	96,67	99,83	95,81	99,78	95,38	99,78
35,61	96,67	99,81	95,81	99,73	95,38	99,76
35,81	96,67	99,83	95,81	99,79	95,38	99,72
36,01	96,67	99,83	95,81	99,75	95,38	99,70
36,21	96,67	99,82	95,81	99,76	95,38	99,69
36,41	96,67	99,83	95,81	99,78	95,38	99,71
36,61	96,67	99,83	95,81	99,74	95,38	99,73
36,81	96,67	99,83	95,81	99,77	95,38	99,75
37,01	96,67	99,83	95,81	99,74	95,38	99,76

37,21	96,67	99,82	95,81	99,76	95,38	99,76
37,41	96,67	99,82	95,81	99,77	95,38	99,75
37,61	96,67	99,82	95,81	99,74	95,38	99,73
37,81	96,67	99,83	95,81	99,78	95,38	99,72
38,01	96,67	99,83	95,81	99,76	95,38	99,71
38,21	96,67	99,82	95,81	99,76	95,38	99,71
38,41	96,67	99,84	95,81	99,79	95,38	99,73
38,61	96,67	99,84	95,81	99,75	95,38	99,75
38,81	96,67	99,83	95,81	99,78	95,38	99,76
39,01	96,67	99,84	95,81	99,75	95,38	99,76
39,21	96,67	99,83	95,81	99,79	95,38	99,75
39,41	96,67	99,81	95,81	99,76	95,38	99,73
39,61	96,67	99,81	95,81	99,79	95,38	99,71
39,81	96,67	99,84	95,81	99,76	95,38	99,71
40,01	96,67	99,83	95,81	99,79	95,38	99,71
40,21	96,67	99,84	95,81	99,76	95,38	99,73
40,41	96,67	99,84	95,81	99,77	95,38	99,74
40,61	96,67	99,83	95,81	99,76	95,38	99,75
40,81	96,67	99,84	95,81	99,75	95,37	99,76
41,01	96,67	99,84	95,81	99,78	95,37	99,75
41,21	96,67	99,82	95,81	99,74	95,37	99,74
41,41	96,67	99,83	95,81	99,78	95,38	99,72
41,61	96,67	99,83	95,81	99,75	95,38	99,71
41,81	96,67	99,82	95,81	99,74	95,38	99,70
42,01	96,67	99,82	95,81	99,80	95,38	99,71
42,21	96,67	99,82	95,81	99,73	95,37	99,73
42,41	96,67	99,83	95,81	99,80	95,37	99,75
42,61	96,67	99,83	95,81	99,75	95,37	99,76
42,81	96,67	99,84	95,81	99,76	95,37	99,76
43,01	96,67	99,83	95,81	99,73	95,37	99,75
43,21	96,67	99,84	95,81	99,77	95,37	99,74
43,41	96,67	99,82	95,81	99,78	95,37	99,73
43,61	96,67	99,83	95,81	99,73	95,37	99,72
43,81	96,67	99,83	95,81	99,80	95,37	99,72
44,01	96,67	99,84	95,81	99,72	95,37	99,73
44,21	96,67	99,83	95,81	99,80	95,37	99,74
44,41	96,67	99,85	95,81	99,71	95,37	99,75

44,61	96,67	99,84	95,81	99,80	95,37	99,75
44,81	96,67	99,83	95,81	99,75	95,37	99,75
45,01	96,67	99,83	95,81	99,76	95,37	99,75
45,21	96,67	99,84	95,81	99,81	95,37	99,74
45,41	96,67	99,83	95,81	99,75	95,37	99,73
45,61	96,67	99,83	95,81	99,77	95,37	99,72
45,81	96,66	99,83	95,81	99,78	95,37	99,72
46,01	96,66	99,83	95,81	99,77	95,37	99,72
46,21	96,66	99,82	95,81	99,79	95,37	99,73
46,41	96,66	99,82	95,81	99,75	95,37	99,74
46,61	96,66	99,82	95,81	99,76	95,37	99,75
46,81	96,66	99,82	95,81	99,77	95,37	99,74
47,01	96,66	99,83	95,81	99,77	95,37	99,73
47,21	96,66	99,84	95,81	99,77	95,37	99,73
47,41	96,66	99,83	95,81	99,76	95,37	99,72
47,61	96,66	99,85	95,81	99,74	95,37	99,72
47,81	96,66	99,84	95,81	99,78	95,37	99,73
48,01	96,66	99,84	95,81	99,76	95,37	99,73
48,21	96,66	99,83	95,81	99,76	95,37	99,74
48,41	96,66	99,83	95,81	99,80	95,37	99,74
48,61	96,66	99,83	95,81	99,72	95,37	99,73
48,81	96,66	99,82	95,81	99,83	95,37	99,73
49,01	96,66	99,82	95,81	99,74	95,37	99,73
49,21	96,66	99,84	95,81	99,78	95,37	99,74
49,41	96,66	99,84	95,81	99,77	95,37	99,74
49,61	96,66	99,83	95,81	99,75	95,37	99,75
49,81	96,66	99,83	95,81	99,79	95,37	99,74
50,01	96,66	99,85	95,81	99,74	95,37	99,73
50,21	96,66	99,84	95,81	99,78	95,37	99,72
50,41	96,66	99,84	95,81	99,76	95,37	99,72
50,61	96,66	99,83	95,81	99,78	95,37	99,73
50,81	96,66	99,83	95,81	99,78	95,37	99,74
51,01	96,66	99,83	95,81	99,75	95,37	99,74
51,21	96,66	99,83	95,81	99,77	95,37	99,75
51,41	96,66	99,81	95,81	99,78	95,37	99,74
51,61	96,66	99,83	95,81	99,76	95,37	99,73
51,81	96,66	99,83	95,81	99,76	95,37	99,73

52,01	96,66	99,83	95,81	99,77	95,37	99,73
52,21	96,66	99,83	95,81	99,76	95,37	99,73
52,41	96,66	99,84	95,81	99,79	95,37	99,74
52,61	96,66	99,84	95,81	99,76	95,37	99,75
52,81	96,66	99,84	95,81	99,78	95,37	99,76
53,01	96,66	99,83	95,81	99,76	95,37	99,75
53,21	96,66	99,84	95,81	99,73	95,37	99,73
53,41	96,66	99,83	95,81	99,80	95,37	99,72
53,61	96,66	99,84	95,81	99,74	95,37	99,72
53,81	96,66	99,84	95,81	99,76	95,37	99,73
54,01	96,66	99,85	95,81	99,77	95,37	99,74
54,21	96,66	99,83	95,81	99,75	95,37	99,75
54,41	96,66	99,84	95,81	99,75	95,37	99,75
54,61	96,66	99,84	95,81	99,79	95,37	99,75
54,81	96,66	99,84	95,81	99,75	95,37	99,73
55,01	96,66	99,82	95,81	99,78	95,37	99,72
55,21	96,66	99,83	95,81	99,77	95,37	99,71
55,41	96,66	99,84	95,81	99,77	95,37	99,71
55,61	96,66	99,84	95,81	99,75	95,37	99,72
55,81	96,66	99,83	95,81	99,77	95,37	99,73
56,01	96,66	99,84	95,81	99,76	95,37	99,75
56,21	96,66	99,83	95,81	99,73	95,37	99,76
56,41	96,66	99,82	95,81	99,77	95,37	99,76
56,61	96,66	99,83	95,81	99,76	95,37	99,74
56,81	96,66	99,82	95,81	99,76	95,37	99,73
57,01	96,66	99,83	95,81	99,76	95,37	99,72
57,21	96,66	99,82	95,81	99,77	95,37	99,71
57,41	96,66	99,84	95,81	99,76	95,37	99,72
57,61	96,66	99,82	95,81	99,75	95,37	99,73
57,81	96,66	99,83	95,81	99,78	95,37	99,75
58,01	96,66	99,83	95,81	99,74	95,37	99,76
58,21	96,66	99,84	95,81	99,79	95,37	99,76
58,41	96,66	99,82	95,81	99,74	95,37	99,74
58,61	96,66	99,82	95,81	99,79	95,37	99,72
58,81	96,66	99,84	95,81	99,77	95,37	99,71
59,01	96,66	99,83	95,81	99,73	95,37	99,71
59,21	96,66	99,84	95,81	99,80	95,37	99,72

59,41	96,66	99,82	95,81	99,73	95,37	99,74
59,61	96,66	99,81	95,81	99,79	95,37	99,76
59,81	96,66	99,83	95,81	99,76	95,37	99,76
60,00	96,66	99,83	95,81	99,78	95,37	99,76

Tabel 5. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Sim 4

Time	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3		Variasi 4	
	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V
0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,20	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01
0,40	100,00	100,02	100,00	100,02	100,00	100,02	100,00	100,02
0,60	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03
0,80	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03
1,00	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,20	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,40	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03
1,60	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,80	100,00	100,05	100,00	100,05	100,00	100,05	100,00	100,05
2,00	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
2,01	100,00	101,40	100,00	101,39	100,00	101,29	100,00	102,05
2,21	99,92	99,03	99,90	98,46	99,89	98,88	99,87	100,57
2,41	99,85	98,55	99,80	98,04	99,78	96,75	99,75	93,51
2,61	99,78	98,45	99,71	97,77	99,68	98,46	99,64	99,88
2,81	99,72	98,55	99,62	98,02	99,58	97,08	99,53	100,92
3,01	99,65	98,74	99,54	98,24	99,49	98,14	99,43	89,77
3,21	99,59	98,96	99,46	98,58	99,40	98,66	99,34	97,81
3,41	99,54	99,19	99,38	98,90	99,31	98,42	99,24	106,09
3,61	99,48	99,37	99,31	99,20	99,23	99,38	99,15	92,64
3,81	99,43	99,53	99,24	99,43	99,15	99,34	99,07	91,92
4,01	99,38	99,64	99,17	99,56	99,08	99,46	98,99	106,22
4,21	99,33	99,71	99,11	99,61	99,01	99,66	98,90	99,32
4,41	99,28	99,72	99,04	99,61	98,94	99,49	98,83	90,69
4,61	99,24	99,73	98,98	99,57	98,87	99,53	98,76	102,09
4,81	99,20	99,71	98,93	99,57	98,81	99,49	98,68	103,75
5,01	99,16	99,71	98,87	99,54	98,74	99,43	98,62	91,97
5,21	99,12	99,71	98,82	99,55	98,68	99,48	98,55	96,50
5,41	99,08	99,71	98,77	99,59	98,63	99,51	98,49	106,10
5,61	99,04	99,73	98,72	99,64	98,57	99,59	98,43	97,58

5,81	99,00	99,75	98,67	99,68	98,52	99,66	98,37	92,68
6,01	98,97	99,79	98,62	99,72	98,47	99,74	98,31	103,21
6,21	98,94	99,83	98,58	99,79	98,42	99,75	98,26	103,63
6,41	98,91	99,84	98,54	99,78	98,37	99,78	98,21	94,24
6,61	98,88	99,84	98,50	99,78	98,33	99,75	98,16	98,75
6,81	98,85	99,85	98,46	99,78	98,28	99,72	98,11	105,47
7,01	98,82	99,84	98,42	99,75	98,24	99,68	98,06	97,27
7,21	98,79	99,83	98,38	99,74	98,20	99,66	98,02	95,06
7,41	98,77	99,83	98,35	99,72	98,16	99,66	97,97	104,21
7,61	98,74	99,82	98,32	99,71	98,13	99,65	97,93	101,66
7,81	98,72	99,81	98,28	99,71	98,09	99,67	97,89	94,08
8,01	98,69	99,82	98,25	99,73	98,06	99,71	97,86	99,41
8,21	98,67	99,82	98,22	99,75	98,02	99,71	97,82	105,08
8,41	98,65	99,82	98,19	99,76	97,99	99,75	97,78	97,68
8,61	98,63	99,84	98,17	99,78	97,96	99,76	97,75	94,89
8,81	98,61	99,84	98,14	99,77	97,93	99,75	97,72	103,11
9,01	98,59	99,84	98,12	99,79	97,90	99,76	97,69	102,96
9,21	98,57	99,86	98,09	99,78	97,88	99,72	97,66	94,95
9,41	98,56	99,86	98,07	99,78	97,85	99,71	97,63	97,32
9,61	98,54	99,85	98,05	99,77	97,82	99,72	97,60	104,86
9,81	98,52	99,84	98,02	99,75	97,80	99,70	97,57	100,30
10,01	98,51	99,84	98,00	99,74	97,78	99,71	97,55	94,11
10,21	98,49	99,84	97,98	99,75	97,76	99,73	97,52	99,87
10,41	98,48	99,85	97,96	99,74	97,73	99,72	97,50	104,81
10,61	98,47	99,85	97,95	99,77	97,71	99,74	97,48	98,16
10,81	98,45	99,84	97,93	99,79	97,69	99,76	97,46	94,77
11,01	98,44	99,85	97,91	99,78	97,67	99,74	97,43	101,79
11,21	98,43	99,85	97,90	99,78	97,66	99,73	97,41	104,12
11,41	98,42	99,86	97,88	99,78	97,64	99,73	97,39	96,64
11,61	98,41	99,86	97,86	99,79	97,62	99,73	97,38	95,34
11,81	98,39	99,86	97,85	99,76	97,61	99,73	97,36	102,92
12,01	98,38	99,85	97,84	99,77	97,59	99,73	97,34	103,23
12,21	98,37	99,85	97,82	99,77	97,58	99,71	97,32	95,98
12,41	98,37	99,85	97,81	99,76	97,56	99,73	97,31	96,02
12,61	98,36	99,86	97,80	99,77	97,55	99,73	97,29	102,94
12,81	98,35	99,85	97,79	99,76	97,53	99,74	97,28	102,82
13,01	98,34	99,85	97,77	99,78	97,52	99,73	97,26	95,93

13,21	98,33	99,84	97,76	99,78	97,51	99,75	97,25	96,00
13,41	98,32	99,85	97,75	99,79	97,50	99,75	97,24	102,78
13,61	98,32	99,86	97,74	99,77	97,49	99,75	97,22	102,90
13,81	98,31	99,84	97,73	99,79	97,48	99,73	97,21	96,15
14,01	98,30	99,85	97,72	99,78	97,47	99,74	97,20	96,04
14,21	98,29	99,84	97,71	99,76	97,46	99,75	97,19	102,89
14,41	98,29	99,84	97,71	99,77	97,45	99,74	97,18	102,87
14,61	98,28	99,84	97,70	99,78	97,44	99,74	97,17	96,33
14,81	98,28	99,86	97,69	99,77	97,43	99,73	97,16	96,18
15,01	98,27	99,86	97,68	99,77	97,42	99,74	97,15	102,77
15,21	98,26	99,85	97,67	99,79	97,41	99,74	97,14	102,86
15,41	98,26	99,86	97,67	99,76	97,40	99,74	97,13	96,54
15,61	98,25	99,86	97,66	99,79	97,40	99,74	97,12	96,25
15,81	98,25	99,84	97,65	99,77	97,39	99,74	97,12	102,43
16,01	98,24	99,85	97,65	99,79	97,38	99,74	97,11	102,84
16,21	98,24	99,84	97,64	99,79	97,37	99,74	97,10	96,98
16,41	98,24	99,84	97,64	99,78	97,37	99,74	97,09	96,30
16,61	98,23	99,85	97,63	99,79	97,36	99,74	97,09	101,99
16,81	98,23	99,85	97,63	99,77	97,36	99,74	97,08	102,92
17,01	98,22	99,85	97,62	99,77	97,35	99,74	97,07	97,51
17,21	98,22	99,85	97,62	99,79	97,34	99,73	97,07	96,16
17,41	98,22	99,86	97,61	99,78	97,34	99,74	97,06	101,43
17,61	98,21	99,85	97,61	99,78	97,33	99,75	97,06	103,01
17,81	98,21	99,85	97,60	99,77	97,33	99,74	97,05	98,11
18,01	98,21	99,85	97,60	99,77	97,32	99,75	97,04	96,35
18,21	98,20	99,85	97,59	99,78	97,32	99,72	97,04	100,85
18,41	98,20	99,84	97,59	99,77	97,32	99,76	97,03	102,86
18,61	98,20	99,85	97,59	99,79	97,31	99,75	97,03	98,74
18,81	98,20	99,85	97,58	99,78	97,31	99,74	97,03	96,48
19,01	98,19	99,85	97,58	99,78	97,30	99,74	97,02	100,13
19,21	98,19	99,86	97,58	99,77	97,30	99,74	97,02	102,75
19,41	98,19	99,85	97,57	99,80	97,30	99,75	97,01	99,50
19,61	98,19	99,86	97,57	99,78	97,29	99,73	97,01	96,68
19,81	98,18	99,85	97,57	99,79	97,29	99,76	97,01	99,37
20,01	98,18	99,84	97,56	99,77	97,29	99,74	97,00	102,46
20,21	98,18	99,85	97,56	99,79	97,28	99,75	97,00	100,15
20,41	98,18	99,85	97,56	99,77	97,28	99,75	97,00	97,11

20,61	98,18	99,84	97,56	99,79	97,28	99,74	96,99	98,83
20,81	98,17	99,84	97,55	99,79	97,27	99,75	96,99	101,96
21,01	98,17	99,85	97,55	99,77	97,27	99,75	96,99	100,68
21,21	98,17	99,86	97,55	99,78	97,27	99,73	96,98	97,62
21,41	98,17	99,85	97,55	99,78	97,27	99,74	96,98	98,39
21,61	98,17	99,85	97,54	99,78	97,27	99,74	96,98	101,49
21,81	98,17	99,86	97,54	99,78	97,26	99,74	96,98	101,10
22,01	98,17	99,86	97,54	99,77	97,26	99,73	96,97	98,13
22,21	98,16	99,86	97,54	99,78	97,26	99,73	96,97	98,06
22,41	98,16	99,85	97,54	99,77	97,26	99,74	96,97	100,86
22,61	98,16	99,86	97,54	99,78	97,26	99,75	96,97	101,29
22,81	98,16	99,86	97,53	99,78	97,25	99,72	96,97	98,68
23,01	98,16	99,85	97,53	99,78	97,25	99,75	96,96	98,02
23,21	98,16	99,84	97,53	99,78	97,25	99,76	96,96	100,38
23,41	98,16	99,86	97,53	99,78	97,25	99,72	96,96	101,39
23,61	98,16	99,85	97,53	99,78	97,25	99,76	96,96	99,28
23,81	98,15	99,86	97,53	99,77	97,25	99,75	96,96	98,03
24,01	98,15	99,86	97,53	99,79	97,24	99,73	96,96	99,80
24,21	98,15	99,86	97,52	99,79	97,24	99,75	96,95	101,24
24,41	98,15	99,86	97,52	99,78	97,24	99,74	96,95	99,75
24,61	98,15	99,85	97,52	99,79	97,24	99,74	96,95	98,16
24,81	98,15	99,85	97,52	99,78	97,24	99,75	96,95	99,29
25,01	98,15	99,86	97,52	99,78	97,24	99,73	96,95	101,03
25,21	98,15	99,85	97,52	99,78	97,24	99,74	96,95	100,16
25,41	98,15	99,85	97,52	99,78	97,24	99,74	96,95	98,46
25,61	98,15	99,86	97,52	99,79	97,23	99,75	96,94	99,02
25,81	98,15	99,85	97,52	99,79	97,23	99,73	96,94	100,71
26,01	98,15	99,86	97,52	99,78	97,23	99,74	96,94	100,42
26,21	98,15	99,86	97,51	99,78	97,23	99,75	96,94	98,82
26,41	98,14	99,85	97,51	99,78	97,23	99,75	96,94	98,85
26,61	98,14	99,86	97,51	99,77	97,23	99,76	96,94	100,38
26,81	98,14	99,85	97,51	99,77	97,23	99,76	96,94	100,55
27,01	98,14	99,85	97,51	99,78	97,23	99,76	96,94	99,17
27,21	98,14	99,84	97,51	99,79	97,23	99,75	96,94	98,78
27,41	98,14	99,86	97,51	99,78	97,23	99,76	96,94	100,10
27,61	98,14	99,86	97,51	99,79	97,23	99,74	96,94	100,59
27,81	98,14	99,85	97,51	99,78	97,23	99,75	96,93	99,44

28,01	98,14	99,85	97,51	99,77	97,22	99,75	96,93	98,78
28,21	98,14	99,85	97,51	99,78	97,22	99,75	96,93	99,79
28,41	98,14	99,86	97,51	99,76	97,22	99,75	96,93	100,58
28,61	98,14	99,85	97,51	99,79	97,22	99,74	96,93	99,69
28,81	98,14	99,85	97,51	99,77	97,22	99,74	96,93	98,82
29,01	98,14	99,85	97,51	99,78	97,22	99,75	96,93	99,52
29,21	98,14	99,85	97,51	99,78	97,22	99,73	96,93	100,44
29,41	98,14	99,86	97,51	99,77	97,22	99,75	96,93	99,91
29,61	98,14	99,86	97,50	99,77	97,22	99,74	96,93	98,94
29,81	98,14	99,86	97,50	99,78	97,22	99,75	96,93	99,34
30,01	98,14	99,86	97,50	99,78	97,22	99,76	96,93	100,34
30,21	98,14	99,85	97,50	99,79	97,22	99,75	96,93	100,08
30,41	98,14	99,85	97,50	99,78	97,22	99,73	96,93	99,10
30,61	98,14	99,86	97,50	99,79	97,22	99,75	96,93	99,19
30,81	98,14	99,85	97,50	99,78	97,22	99,75	96,93	100,15
31,01	98,14	99,86	97,50	99,78	97,22	99,73	96,93	100,19
31,21	98,14	99,86	97,50	99,77	97,22	99,75	96,93	99,29
31,41	98,14	99,85	97,50	99,77	97,22	99,74	96,93	99,17
31,61	98,14	99,85	97,50	99,77	97,22	99,74	96,93	99,99
31,81	98,14	99,85	97,50	99,78	97,22	99,74	96,92	100,21
32,01	98,14	99,85	97,50	99,77	97,22	99,76	96,92	99,48
32,21	98,14	99,85	97,50	99,78	97,22	99,75	96,92	99,18
32,41	98,13	99,84	97,50	99,78	97,22	99,73	96,92	99,81
32,61	98,13	99,86	97,50	99,79	97,22	99,73	96,92	100,20
32,81	98,13	99,85	97,50	99,77	97,21	99,76	96,92	99,62
33,01	98,13	99,84	97,50	99,79	97,21	99,73	96,92	99,17
33,21	98,13	99,84	97,50	99,77	97,21	99,74	96,92	99,70
33,41	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,76	96,92	100,20
33,61	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,74	96,92	99,77
33,81	98,13	99,86	97,50	99,77	97,21	99,75	96,92	99,22
34,01	98,13	99,86	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	99,55
34,21	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,72	96,92	100,14
34,41	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,74	96,92	99,87
34,61	98,13	99,85	97,50	99,77	97,21	99,72	96,92	99,29
34,81	98,13	99,85	97,50	99,77	97,21	99,73	96,92	99,50
35,01	98,13	99,86	97,50	99,78	97,21	99,76	96,92	100,10
35,21	98,13	99,86	97,50	99,78	97,21	99,74	96,92	99,94

35,41	98,13	99,85	97,50	99,77	97,21	99,74	96,92	99,36
35,61	98,13	99,84	97,50	99,78	97,21	99,77	96,92	99,46
35,81	98,13	99,85	97,50	99,77	97,21	99,73	96,92	100,02
36,01	98,13	99,86	97,50	99,77	97,21	99,75	96,92	99,96
36,21	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,76	96,92	99,43
36,41	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,74	96,92	99,43
36,61	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	99,95
36,81	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,75	96,92	100,00
37,01	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	99,48
37,21	98,13	99,85	97,50	99,79	97,21	99,74	96,92	99,40
37,41	98,13	99,87	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	99,91
37,61	98,13	99,86	97,50	99,77	97,21	99,74	96,92	99,99
37,81	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,74	96,92	99,54
38,01	98,13	99,87	97,50	99,78	97,21	99,74	96,92	99,36
38,21	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,75	96,92	99,82
38,41	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,74	96,92	100,02
38,61	98,13	99,86	97,50	99,80	97,21	99,75	96,92	99,60
38,81	98,13	99,85	97,50	99,79	97,21	99,73	96,92	99,36
39,01	98,13	99,85	97,50	99,80	97,21	99,74	96,92	99,78
39,21	98,13	99,84	97,50	99,78	97,21	99,74	96,92	100,05
39,41	98,13	99,85	97,50	99,79	97,21	99,75	96,92	99,63
39,61	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	99,38
39,81	98,13	99,84	97,50	99,79	97,21	99,75	96,92	99,76
40,01	98,13	99,85	97,50	99,79	97,21	99,74	96,92	100,05
40,21	98,13	99,86	97,50	99,78	97,21	99,76	96,92	99,66
40,41	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,74	96,92	99,37
40,61	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,74	96,92	99,71
40,81	98,13	99,86	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	100,02
41,01	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,76	96,92	99,68
41,21	98,13	99,84	97,50	99,77	97,21	99,75	96,92	99,37
41,41	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	99,72
41,61	98,13	99,84	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	100,04
41,81	98,13	99,85	97,50	99,79	97,21	99,75	96,92	99,69
42,01	98,13	99,85	97,50	99,79	97,21	99,76	96,92	99,36
42,21	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	99,71
42,41	98,13	99,83	97,50	99,78	97,21	99,74	96,92	100,03
42,61	98,13	99,86	97,50	99,76	97,21	99,75	96,92	99,67

42,81	98,13	99,86	97,50	99,78	97,21	99,73	96,92	99,36
43,01	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,74	96,92	99,75
43,21	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,75	96,92	100,04
43,41	98,13	99,86	97,50	99,79	97,21	99,75	96,92	99,64
43,61	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,76	96,92	99,36
43,81	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,75	96,92	99,77
44,01	98,13	99,84	97,50	99,78	97,21	99,73	96,92	100,06
44,21	98,13	99,85	97,50	99,78	97,21	99,74	96,92	99,60
44,41	98,13	99,85	97,49	99,77	97,21	99,77	96,92	99,36
44,61	98,13	99,86	97,49	99,79	97,21	99,74	96,92	99,79
44,81	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,74	96,92	100,03
45,01	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,74	96,92	99,62
45,21	98,13	99,84	97,49	99,78	97,21	99,76	96,92	99,37
45,41	98,13	99,86	97,49	99,79	97,21	99,73	96,92	99,78
45,61	98,13	99,86	97,49	99,78	97,21	99,73	96,92	100,02
45,81	98,13	99,87	97,49	99,79	97,21	99,76	96,92	99,59
46,01	98,13	99,85	97,49	99,76	97,21	99,72	96,92	99,35
46,21	98,13	99,86	97,49	99,79	97,21	99,74	96,92	99,79
46,41	98,13	99,86	97,49	99,76	97,21	99,75	96,92	100,05
46,61	98,13	99,86	97,49	99,80	97,21	99,72	96,92	99,56
46,81	98,13	99,85	97,49	99,77	97,21	99,75	96,92	99,36
47,01	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,76	96,92	99,85
47,21	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,73	96,92	100,03
47,41	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,77	96,92	99,51
47,61	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,72	96,92	99,35
47,81	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	99,89
48,01	98,13	99,86	97,49	99,78	97,21	99,76	96,92	100,02
48,21	98,13	99,86	97,49	99,79	97,21	99,75	96,92	99,47
48,41	98,13	99,84	97,49	99,80	97,21	99,76	96,92	99,44
48,61	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,73	96,92	99,93
48,81	98,13	99,86	97,49	99,80	97,21	99,75	96,92	99,95
49,01	98,13	99,85	97,49	99,77	97,21	99,75	96,92	99,45
49,21	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,73	96,92	99,48
49,41	98,13	99,84	97,49	99,77	97,21	99,73	96,92	99,97
49,61	98,13	99,84	97,49	99,78	97,21	99,76	96,92	99,88
49,81	98,13	99,83	97,49	99,77	97,21	99,72	96,92	99,41
50,01	98,13	99,86	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	99,54

50,21	98,13	99,83	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	100,05
50,41	98,13	99,86	97,49	99,77	97,21	99,74	96,92	99,81
50,61	98,13	99,84	97,49	99,79	97,21	99,76	96,92	99,37
50,81	98,13	99,84	97,49	99,77	97,21	99,73	96,92	99,65
51,01	98,13	99,84	97,49	99,77	97,21	99,76	96,92	100,08
51,21	98,13	99,84	97,49	99,78	97,21	99,76	96,92	99,72
51,41	98,13	99,86	97,49	99,77	97,21	99,76	96,92	99,30
51,61	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,76	96,92	99,74
51,81	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,74	96,92	100,12
52,01	98,13	99,86	97,49	99,79	97,21	99,74	96,92	99,61
52,21	98,13	99,86	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	99,30
52,41	98,13	99,86	97,49	99,80	97,21	99,73	96,92	99,82
52,61	98,13	99,86	97,49	99,77	97,21	99,75	96,92	100,10
52,81	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	99,49
53,01	98,13	99,86	97,49	99,77	97,21	99,73	96,92	99,32
53,21	98,13	99,86	97,49	99,79	97,21	99,75	96,92	99,97
53,41	98,13	99,86	97,49	99,79	97,21	99,74	96,92	100,04
53,61	98,13	99,85	97,49	99,77	97,21	99,73	96,92	99,38
53,81	98,13	99,85	97,49	99,80	97,21	99,75	96,92	99,38
54,01	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	100,04
54,21	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	99,94
54,41	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,72	96,92	99,27
54,61	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,76	96,92	99,50
54,81	98,13	99,87	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	100,16
55,01	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,73	96,92	99,81
55,21	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,74	96,92	99,23
55,41	98,13	99,85	97,49	99,77	97,21	99,74	96,92	99,67
55,61	98,13	99,86	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	100,16
55,81	98,13	99,85	97,49	99,80	97,21	99,75	96,92	99,64
56,01	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	99,27
56,21	98,13	99,86	97,49	99,80	97,21	99,73	96,92	99,84
56,41	98,13	99,85	97,49	99,77	97,21	99,76	96,92	100,13
56,61	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,76	96,92	99,48
56,81	98,13	99,85	97,49	99,76	97,21	99,74	96,92	99,35
57,01	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,76	96,92	100,00
57,21	98,13	99,84	97,49	99,77	97,21	99,74	96,92	100,01
57,41	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,73	96,92	99,35

57,61	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,75	96,92	99,44
57,81	98,13	99,86	97,49	99,79	97,21	99,75	96,92	100,08
58,01	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	99,86
58,21	98,13	99,85	97,49	99,77	97,21	99,74	96,92	99,31
58,41	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,75	96,92	99,60
58,61	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,74	96,92	100,12
58,81	98,13	99,85	97,49	99,78	97,21	99,74	96,92	99,72
59,01	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,75	96,92	99,26
59,21	98,13	99,85	97,49	99,79	97,21	99,75	96,92	99,76
59,41	98,13	99,86	97,49	99,77	97,21	99,75	96,92	100,14
59,61	98,13	99,86	97,49	99,80	97,21	99,75	96,92	99,54
59,81	98,13	99,86	97,49	99,78	97,21	99,73	96,92	99,29
60,00	98,13	99,88	97,49	99,79	97,21	99,74	96,92	99,66

Tabel 6. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Sim 5

Time	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3		Variasi 4	
	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V
0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,40	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01
0,60	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03
0,80	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03
1,00	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,20	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03	100,00	100,03
1,40	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,60	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,80	100,00	100,05	100,00	100,05	100,00	100,05	100,00	100,05
2,00	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
2,01	100,00	101,31	100,00	101,52	100,00	101,55	100,00	102,31
2,21	99,94	99,38	99,92	98,80	99,92	98,43	99,91	98,29
2,41	99,89	98,86	99,85	98,38	99,83	98,27	99,82	98,47
2,61	99,84	98,77	99,78	98,27	99,76	97,97	99,73	97,51
2,81	99,79	98,86	99,72	98,38	99,68	98,15	99,65	98,02
3,01	99,74	99,01	99,65	98,61	99,62	98,41	99,58	98,12
3,21	99,70	99,19	99,59	98,85	99,55	98,70	99,50	98,54
3,41	99,65	99,36	99,54	99,11	99,49	99,00	99,43	98,88
3,61	99,61	99,50	99,48	99,32	99,43	99,27	99,37	99,19
3,81	99,57	99,61	99,43	99,50	99,37	99,44	99,30	99,41

4,01	99,54	99,70	99,38	99,60	99,31	99,58	99,24	99,57
4,21	99,50	99,74	99,33	99,66	99,26	99,64	99,18	99,62
4,41	99,46	99,77	99,28	99,68	99,20	99,64	99,12	99,61
4,61	99,43	99,78	99,24	99,67	99,15	99,62	99,07	99,59
4,81	99,40	99,78	99,20	99,67	99,11	99,60	99,02	99,56
5,01	99,37	99,78	99,16	99,66	99,06	99,59	98,97	99,53
5,21	99,34	99,79	99,12	99,67	99,02	99,60	98,92	99,54
5,41	99,31	99,80	99,08	99,68	98,97	99,62	98,87	99,54
5,61	99,28	99,80	99,04	99,71	98,93	99,65	98,82	99,61
5,81	99,26	99,81	99,00	99,72	98,89	99,70	98,78	99,67
6,01	99,23	99,84	98,97	99,78	98,85	99,75	98,74	99,73
6,21	99,21	99,86	98,94	99,80	98,82	99,78	98,70	99,78
6,41	99,18	99,87	98,91	99,82	98,78	99,79	98,66	99,79
6,61	99,16	99,88	98,88	99,83	98,75	99,81	98,62	99,80
6,81	99,14	99,89	98,85	99,84	98,72	99,81	98,59	99,78
7,01	99,12	99,90	98,82	99,83	98,69	99,79	98,55	99,76
7,21	99,10	99,89	98,79	99,81	98,66	99,77	98,52	99,73
7,41	99,08	99,88	98,77	99,80	98,63	99,76	98,49	99,73
7,61	99,06	99,87	98,74	99,80	98,60	99,75	98,46	99,72
7,81	99,04	99,86	98,72	99,79	98,57	99,75	98,43	99,72
8,01	99,02	99,87	98,69	99,80	98,55	99,75	98,40	99,73
8,21	99,01	99,87	98,67	99,79	98,52	99,77	98,37	99,74
8,41	98,99	99,87	98,65	99,81	98,50	99,77	98,35	99,78
8,61	98,98	99,88	98,63	99,83	98,48	99,79	98,32	99,77
8,81	98,96	99,88	98,61	99,83	98,46	99,80	98,30	99,79
9,01	98,95	99,90	98,59	99,85	98,43	99,81	98,28	99,79
9,21	98,93	99,89	98,57	99,85	98,41	99,81	98,25	99,79
9,41	98,92	99,90	98,56	99,85	98,39	99,80	98,23	99,77
9,61	98,91	99,88	98,54	99,82	98,38	99,80	98,21	99,77
9,81	98,90	99,89	98,52	99,83	98,36	99,80	98,19	99,78
10,01	98,89	99,89	98,51	99,84	98,34	99,79	98,17	99,77
10,21	98,87	99,90	98,49	99,83	98,32	99,78	98,15	99,76
10,41	98,86	99,89	98,48	99,82	98,31	99,79	98,14	99,77
10,61	98,85	99,89	98,47	99,81	98,29	99,79	98,12	99,78
10,81	98,84	99,88	98,45	99,83	98,28	99,79	98,10	99,78
11,01	98,83	99,89	98,44	99,83	98,27	99,80	98,09	99,79
11,21	98,83	99,88	98,43	99,83	98,25	99,81	98,07	99,78

11,41	98,82	99,89	98,42	99,82	98,24	99,81	98,06	99,80
11,61	98,81	99,89	98,41	99,84	98,23	99,81	98,05	99,79
11,81	98,80	99,89	98,40	99,85	98,21	99,82	98,03	99,79
12,01	98,79	99,89	98,38	99,85	98,20	99,81	98,02	99,77
12,21	98,79	99,88	98,37	99,83	98,19	99,79	98,01	99,78
12,41	98,78	99,89	98,37	99,83	98,18	99,79	98,00	99,78
12,61	98,77	99,89	98,36	99,84	98,17	99,81	97,98	99,78
12,81	98,76	99,90	98,35	99,84	98,16	99,80	97,97	99,76
13,01	98,76	99,90	98,34	99,84	98,15	99,79	97,96	99,79
13,21	98,75	99,88	98,33	99,84	98,14	99,81	97,95	99,78
13,41	98,75	99,89	98,32	99,83	98,13	99,81	97,94	99,78
13,61	98,74	99,89	98,32	99,83	98,13	99,80	97,93	99,77
13,81	98,74	99,90	98,31	99,83	98,12	99,80	97,93	99,79
14,01	98,73	99,89	98,30	99,84	98,11	99,82	97,92	99,78
14,21	98,73	99,90	98,29	99,82	98,10	99,80	97,91	99,79
14,41	98,72	99,90	98,29	99,83	98,10	99,80	97,90	99,78
14,61	98,72	99,89	98,28	99,83	98,09	99,80	97,89	99,80
14,81	98,71	99,90	98,28	99,84	98,08	99,81	97,89	99,79
15,01	98,71	99,88	98,27	99,85	98,08	99,81	97,88	99,78
15,21	98,70	99,89	98,27	99,83	98,07	99,81	97,87	99,80
15,41	98,70	99,88	98,26	99,83	98,06	99,80	97,87	99,78
15,61	98,70	99,89	98,25	99,83	98,06	99,79	97,86	99,80
15,81	98,69	99,90	98,25	99,83	98,05	99,80	97,85	99,79
16,01	98,69	99,90	98,25	99,83	98,05	99,80	97,85	99,77
16,21	98,69	99,89	98,24	99,83	98,04	99,80	97,84	99,79
16,41	98,68	99,90	98,24	99,85	98,04	99,79	97,84	99,80
16,61	98,68	99,89	98,23	99,83	98,03	99,80	97,83	99,79
16,81	98,68	99,89	98,23	99,85	98,03	99,81	97,83	99,78
17,01	98,67	99,89	98,22	99,84	98,02	99,81	97,82	99,78
17,21	98,67	99,89	98,22	99,84	98,02	99,80	97,82	99,80
17,41	98,67	99,90	98,22	99,83	98,02	99,80	97,81	99,77
17,61	98,67	99,89	98,21	99,83	98,01	99,81	97,81	99,77
17,81	98,66	99,90	98,21	99,84	98,01	99,81	97,81	99,79
18,01	98,66	99,90	98,21	99,84	98,01	99,81	97,80	99,80
18,21	98,66	99,90	98,20	99,83	98,00	99,81	97,80	99,78
18,41	98,66	99,89	98,20	99,84	98,00	99,80	97,80	99,79
18,61	98,65	99,90	98,20	99,84	98,00	99,80	97,79	99,80

18,81	98,65	99,90	98,20	99,84	97,99	99,81	97,79	99,79
19,01	98,65	99,89	98,19	99,83	97,99	99,82	97,79	99,78
19,21	98,65	99,90	98,19	99,84	97,99	99,81	97,78	99,81
19,41	98,65	99,89	98,19	99,83	97,98	99,81	97,78	99,78
19,61	98,65	99,89	98,19	99,83	97,98	99,82	97,78	99,79
19,81	98,64	99,89	98,18	99,84	97,98	99,80	97,77	99,78
20,01	98,64	99,89	98,18	99,84	97,98	99,80	97,77	99,80
20,21	98,64	99,89	98,18	99,82	97,97	99,80	97,77	99,79
20,41	98,64	99,90	98,18	99,84	97,97	99,80	97,77	99,79
20,61	98,64	99,90	98,18	99,84	97,97	99,81	97,76	99,81
20,81	98,64	99,89	98,17	99,83	97,97	99,80	97,76	99,79
21,01	98,64	99,90	98,17	99,84	97,97	99,79	97,76	99,79
21,21	98,63	99,90	98,17	99,85	97,96	99,80	97,76	99,78
21,41	98,63	99,89	98,17	99,85	97,96	99,80	97,76	99,79
21,61	98,63	99,89	98,17	99,84	97,96	99,80	97,75	99,78
21,81	98,63	99,89	98,17	99,84	97,96	99,79	97,75	99,80
22,01	98,63	99,89	98,17	99,84	97,96	99,79	97,75	99,79
22,21	98,63	99,90	98,16	99,83	97,96	99,80	97,75	99,80
22,41	98,63	99,90	98,16	99,85	97,96	99,80	97,75	99,79
22,61	98,63	99,91	98,16	99,84	97,95	99,82	97,75	99,78
22,81	98,63	99,90	98,16	99,84	97,95	99,80	97,74	99,78
23,01	98,62	99,89	98,16	99,84	97,95	99,81	97,74	99,79
23,21	98,62	99,89	98,16	99,84	97,95	99,81	97,74	99,79
23,41	98,62	99,89	98,16	99,84	97,95	99,81	97,74	99,79
23,61	98,62	99,89	98,16	99,85	97,95	99,80	97,74	99,78
23,81	98,62	99,89	98,16	99,84	97,95	99,80	97,74	99,79
24,01	98,62	99,89	98,15	99,83	97,95	99,80	97,74	99,78
24,21	98,62	99,90	98,15	99,84	97,94	99,80	97,74	99,78
24,41	98,62	99,91	98,15	99,83	97,94	99,81	97,73	99,77
24,61	98,62	99,90	98,15	99,83	97,94	99,81	97,73	99,80
24,81	98,62	99,90	98,15	99,83	97,94	99,79	97,73	99,78
25,01	98,62	99,89	98,15	99,83	97,94	99,82	97,73	99,80
25,21	98,62	99,90	98,15	99,82	97,94	99,81	97,73	99,80
25,41	98,62	99,89	98,15	99,84	97,94	99,81	97,73	99,79
25,61	98,62	99,89	98,15	99,84	97,94	99,79	97,73	99,80
25,81	98,62	99,89	98,15	99,85	97,94	99,81	97,73	99,79
26,01	98,62	99,90	98,15	99,83	97,94	99,82	97,73	99,78

26,21	98,61	99,89	98,15	99,83	97,94	99,81	97,73	99,78
26,41	98,61	99,90	98,15	99,83	97,94	99,80	97,73	99,79
26,61	98,61	99,90	98,14	99,84	97,94	99,80	97,73	99,79
26,81	98,61	99,90	98,14	99,84	97,93	99,80	97,72	99,78
27,01	98,61	99,88	98,14	99,84	97,93	99,80	97,72	99,78
27,21	98,61	99,89	98,14	99,84	97,93	99,80	97,72	99,80
27,41	98,61	99,89	98,14	99,85	97,93	99,81	97,72	99,78
27,61	98,61	99,89	98,14	99,82	97,93	99,81	97,72	99,79
27,81	98,61	99,90	98,14	99,85	97,93	99,81	97,72	99,79
28,01	98,61	99,89	98,14	99,85	97,93	99,81	97,72	99,79
28,21	98,61	99,89	98,14	99,85	97,93	99,82	97,72	99,79
28,41	98,61	99,90	98,14	99,84	97,93	99,81	97,72	99,78
28,61	98,61	99,90	98,14	99,84	97,93	99,82	97,72	99,80
28,81	98,61	99,88	98,14	99,83	97,93	99,81	97,72	99,79
29,01	98,61	99,88	98,14	99,83	97,93	99,81	97,72	99,80
29,21	98,61	99,90	98,14	99,84	97,93	99,80	97,72	99,79
29,41	98,61	99,90	98,14	99,83	97,93	99,81	97,72	99,78
29,61	98,61	99,90	98,14	99,83	97,93	99,81	97,72	99,80
29,81	98,61	99,90	98,14	99,83	97,93	99,82	97,72	99,78
30,01	98,61	99,90	98,14	99,84	97,93	99,81	97,72	99,79
30,21	98,61	99,89	98,14	99,84	97,93	99,81	97,72	99,79
30,41	98,61	99,89	98,14	99,84	97,93	99,80	97,72	99,79
30,61	98,61	99,90	98,14	99,83	97,93	99,80	97,72	99,78
30,81	98,61	99,91	98,14	99,83	97,93	99,80	97,72	99,78
31,01	98,61	99,90	98,14	99,85	97,93	99,81	97,72	99,79
31,21	98,61	99,91	98,14	99,83	97,93	99,79	97,72	99,79
31,41	98,61	99,89	98,14	99,84	97,93	99,81	97,71	99,80
31,61	98,61	99,89	98,14	99,84	97,93	99,81	97,71	99,79
31,81	98,61	99,91	98,14	99,84	97,93	99,81	97,71	99,81
32,01	98,61	99,91	98,14	99,84	97,93	99,80	97,71	99,80
32,21	98,61	99,89	98,14	99,83	97,92	99,79	97,71	99,78
32,41	98,61	99,90	98,14	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
32,61	98,61	99,90	98,14	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
32,81	98,61	99,90	98,14	99,83	97,92	99,80	97,71	99,79
33,01	98,61	99,89	98,14	99,84	97,92	99,80	97,71	99,78
33,21	98,61	99,88	98,13	99,83	97,92	99,79	97,71	99,79
33,41	98,61	99,90	98,13	99,84	97,92	99,82	97,71	99,78

33,61	98,61	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
33,81	98,61	99,89	98,13	99,82	97,92	99,80	97,71	99,80
34,01	98,61	99,90	98,13	99,83	97,92	99,79	97,71	99,79
34,21	98,61	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
34,41	98,61	99,90	98,13	99,83	97,92	99,80	97,71	99,79
34,61	98,61	99,90	98,13	99,85	97,92	99,81	97,71	99,79
34,81	98,61	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
35,01	98,61	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
35,21	98,61	99,91	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
35,41	98,61	99,89	98,13	99,83	97,92	99,80	97,71	99,78
35,61	98,61	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,80
35,81	98,61	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,80
36,01	98,61	99,90	98,13	99,84	97,92	99,79	97,71	99,79
36,21	98,61	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,80
36,41	98,61	99,91	98,13	99,85	97,92	99,80	97,71	99,79
36,61	98,61	99,90	98,13	99,85	97,92	99,82	97,71	99,79
36,81	98,61	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
37,01	98,61	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
37,21	98,60	99,89	98,13	99,83	97,92	99,80	97,71	99,78
37,41	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,80
37,61	98,60	99,88	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,80
37,81	98,60	99,89	98,13	99,83	97,92	99,79	97,71	99,79
38,01	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,82	97,71	99,80
38,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,82	97,71	99,78
38,41	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,80
38,61	98,60	99,88	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
38,81	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
39,01	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
39,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,77
39,41	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,82	97,71	99,80
39,61	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,80
39,81	98,60	99,90	98,13	99,85	97,92	99,81	97,71	99,80
40,01	98,60	99,89	98,13	99,83	97,92	99,80	97,71	99,79
40,21	98,60	99,88	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,80
40,41	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,78
40,61	98,60	99,90	98,13	99,82	97,92	99,81	97,71	99,80
40,81	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79

41,01	98,60	99,88	98,13	99,83	97,92	99,82	97,71	99,79
41,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
41,41	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
41,61	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
41,81	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,80	97,71	99,80
42,01	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
42,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,80
42,41	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
42,61	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
42,81	98,60	99,90	98,13	99,85	97,92	99,79	97,71	99,80
43,01	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,81	97,71	99,78
43,21	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,80	97,71	99,81
43,41	98,60	99,90	98,13	99,85	97,92	99,80	97,71	99,79
43,61	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,80	97,71	99,78
43,81	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,80	97,71	99,79
44,01	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,78
44,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,80
44,41	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,79	97,71	99,80
44,61	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,80	97,71	99,79
44,81	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,80	97,71	99,81
45,01	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,79	97,71	99,80
45,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,80
45,41	98,60	99,90	98,13	99,85	97,92	99,82	97,71	99,79
45,61	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,81	97,71	99,79
45,81	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
46,01	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,78
46,21	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
46,41	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,80
46,61	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
46,81	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,80
47,01	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
47,21	98,60	99,88	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,78
47,41	98,60	99,89	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
47,61	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
47,81	98,60	99,88	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,80
48,01	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
48,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,78

48,41	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
48,61	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
48,81	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
49,01	98,60	99,91	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
49,21	98,60	99,91	98,13	99,83	97,92	99,80	97,71	99,79
49,41	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
49,61	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
49,81	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
50,01	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,78
50,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,82	97,71	99,79
50,41	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,82	97,71	99,79
50,61	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,78
50,81	98,60	99,89	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,80
51,01	98,60	99,91	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,78
51,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,80
51,41	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
51,61	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
51,81	98,60	99,89	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
52,01	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
52,21	98,60	99,90	98,13	99,85	97,92	99,82	97,71	99,79
52,41	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,79	97,71	99,79
52,61	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
52,81	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,77
53,01	98,60	99,90	98,13	99,85	97,92	99,79	97,71	99,80
53,21	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
53,41	98,60	99,88	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,80
53,61	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
53,81	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,80
54,01	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,81	97,71	99,78
54,21	98,60	99,90	98,13	99,85	97,92	99,82	97,71	99,78
54,41	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
54,61	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,80
54,81	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
55,01	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,79	97,71	99,79
55,21	98,60	99,89	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,80
55,41	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,79	97,71	99,80
55,61	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79

55,81	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,79	97,71	99,78
56,01	98,60	99,88	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
56,21	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,80
56,41	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
56,61	98,60	99,91	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
56,81	98,60	99,91	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
57,01	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,79	97,71	99,78
57,21	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
57,41	98,60	99,91	98,13	99,84	97,92	99,79	97,71	99,78
57,61	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
57,81	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,79	97,71	99,77
58,01	98,60	99,89	98,13	99,83	97,92	99,79	97,71	99,80
58,21	98,60	99,88	98,13	99,85	97,92	99,80	97,71	99,78
58,41	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,80	97,71	99,79
58,61	98,60	99,89	98,13	99,85	97,92	99,81	97,71	99,80
58,81	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
59,01	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
59,21	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,81	97,71	99,79
59,41	98,60	99,90	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,78
59,61	98,60	99,90	98,13	99,83	97,92	99,82	97,71	99,79
59,81	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,81	97,71	99,79
60,00	98,60	99,89	98,13	99,84	97,92	99,82	97,71	99,79

Tabel 7. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Sim 6

Time	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3	
	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V
0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,20	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01
0,40	100,00	100,02	100,00	100,02	100,00	100,02
0,60	100,00	100,02	100,00	100,02	100,00	100,02
0,80	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,00	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,20	100,00	100,05	100,00	100,05	100,00	100,05
1,40	100,00	100,05	100,00	100,05	100,00	100,05
1,60	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,80	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
2,00	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
2,01	100,00	100,65	100,00	100,50	100,00	100,32

2,21	99,92	98,96	99,91	99,03	99,90	98,85
2,41	99,83	96,85	99,82	97,01	99,81	97,89
2,61	99,76	97,36	99,74	95,77	99,72	95,39
2,81	99,69	98,57	99,66	97,83	99,64	92,93
3,01	99,62	98,01	99,59	100,44	99,57	94,64
3,21	99,55	97,99	99,52	99,08	99,49	101,58
3,41	99,49	99,12	99,45	96,03	99,42	108,37
3,61	99,43	99,46	99,39	96,98	99,35	109,27
3,81	99,37	99,14	99,32	101,61	99,28	102,51
4,01	99,31	99,37	99,26	102,34	99,21	90,81
4,21	99,26	99,70	99,21	97,69	99,16	77,93
4,41	99,20	99,52	99,15	95,96	99,12	115,78
4,61	99,15	99,40	99,10	100,48	99,07	105,09
4,81	99,11	99,52	99,05	103,22	99,05	117,92
5,01	99,06	99,53	99,00	99,05	99,05	136,91
5,21	99,02	99,48	98,95	95,39	99,07	125,90
5,41	98,97	99,52	98,90	98,24	99,13	112,80
5,61	98,93	99,62	98,86	103,19	99,19	100,69
5,81	98,89	99,67	98,82	102,23	99,24	90,35
6,01	98,85	99,69	98,78	97,19	99,26	84,14
6,21	98,82	99,74	98,74	95,88	99,25	82,39
6,41	98,78	99,76	98,70	100,37	99,20	84,24
6,61	98,75	99,75	98,66	103,65	99,12	88,61
6,81	98,72	99,74	98,63	100,33	99,02	94,49
7,01	98,68	99,72	98,59	95,93	98,90	101,02
7,21	98,65	99,69	98,56	97,40	98,78	106,46
7,41	98,63	99,68	98,53	102,40	98,68	108,40
7,61	98,60	99,71	98,50	102,84	98,64	106,57
7,81	98,57	99,70	98,47	98,30	98,64	101,65
8,01	98,55	99,70	98,45	95,96	98,66	95,30
8,21	98,52	99,74	98,42	99,17	98,67	90,50
8,41	98,50	99,76	98,39	103,02	98,67	88,75
8,61	98,47	99,75	98,37	101,62	98,63	89,68
8,81	98,45	99,78	98,35	97,44	98,58	92,67
9,01	98,43	99,77	98,32	96,93	98,50	97,04
9,21	98,41	99,75	98,30	100,70	98,42	102,00
9,41	98,39	99,74	98,28	102,77	98,33	105,64

9,61	98,37	99,73	98,26	99,99	98,28	106,21
9,81	98,36	99,75	98,24	96,84	98,26	103,49
10,01	98,34	99,71	98,23	98,04	98,28	98,79
10,21	98,32	99,73	98,21	101,71	98,30	94,28
10,41	98,31	99,75	98,19	102,15	98,31	92,04
10,61	98,29	99,74	98,17	98,89	98,30	92,35
10,81	98,28	99,76	98,16	97,06	98,26	94,62
11,01	98,26	99,75	98,14	99,27	98,20	98,20
11,21	98,25	99,75	98,13	102,05	98,14	102,20
11,41	98,24	99,77	98,11	101,10	98,08	104,84
11,61	98,22	99,74	98,10	98,12	98,05	104,87
11,81	98,21	99,75	98,09	97,61	98,04	102,50
12,01	98,20	99,76	98,08	100,24	98,06	98,76
12,21	98,19	99,74	98,06	101,96	98,08	95,44
12,41	98,18	99,73	98,05	100,17	98,09	94,10
12,61	98,17	99,74	98,04	97,78	98,07	95,02
12,81	98,16	99,75	98,03	98,30	98,04	97,60
13,01	98,15	99,75	98,02	100,91	97,99	100,98
13,21	98,14	99,77	98,01	101,61	97,94	103,66
13,41	98,13	99,75	98,00	99,48	97,91	104,28
13,61	98,12	99,74	97,99	97,84	97,91	102,67
13,81	98,11	99,78	97,98	99,07	97,92	99,62
14,01	98,11	99,75	97,98	101,20	97,94	96,67
14,21	98,10	99,74	97,97	100,96	97,95	95,21
14,41	98,09	99,76	97,96	98,87	97,94	95,86
14,61	98,08	99,75	97,95	98,11	97,91	98,20
14,81	98,08	99,76	97,95	99,75	97,87	101,20
15,01	98,07	99,75	97,94	101,23	97,83	103,40
15,21	98,06	99,74	97,93	100,37	97,81	103,69
15,41	98,06	99,76	97,93	98,56	97,82	101,97
15,61	98,05	99,76	97,92	98,54	97,84	99,17
15,81	98,05	99,77	97,91	100,23	97,86	96,70
16,01	98,04	99,75	97,91	101,08	97,86	95,73
16,21	98,04	99,75	97,90	99,81	97,85	96,70
16,41	98,03	99,75	97,90	98,45	97,82	99,11
16,61	98,03	99,76	97,89	99,00	97,79	101,76
16,81	98,02	99,75	97,89	100,61	97,76	103,34

17,01	98,02	99,75	97,88	100,79	97,75	103,04
17,21	98,02	99,76	97,88	99,36	97,76	101,05
17,41	98,01	99,75	97,88	98,53	97,78	98,49
17,61	98,01	99,74	97,87	99,45	97,80	96,59
17,81	98,00	99,75	97,87	100,67	97,80	96,25
18,01	98,00	99,76	97,86	100,39	97,79	97,61
18,21	98,00	99,78	97,86	99,09	97,76	99,97
18,41	97,99	99,74	97,86	98,76	97,73	102,15
18,61	97,99	99,73	97,85	99,85	97,71	103,07
18,81	97,99	99,76	97,85	100,65	97,71	102,27
19,01	97,99	99,76	97,85	100,01	97,72	100,21
19,21	97,98	99,75	97,84	98,93	97,74	97,97
19,41	97,98	99,76	97,84	99,07	97,76	96,62
19,61	97,98	99,77	97,84	100,14	97,76	96,79
19,81	97,97	99,76	97,84	100,54	97,74	98,38
20,01	97,97	99,76	97,83	99,71	97,72	100,60
20,21	97,97	99,74	97,83	98,98	97,69	102,34
20,41	97,97	99,76	97,83	99,39	97,68	102,76
20,61	97,97	99,74	97,83	100,30	97,68	101,65
20,81	97,96	99,73	97,83	100,32	97,70	99,62
21,01	97,96	99,76	97,82	99,44	97,72	97,69
21,21	97,96	99,77	97,82	99,03	97,73	96,78
21,41	97,96	99,74	97,82	99,63	97,73	97,29
21,61	97,96	99,75	97,82	100,33	97,71	98,97
21,81	97,96	99,75	97,82	100,08	97,68	100,98
22,01	97,95	99,77	97,81	99,31	97,66	102,33
22,21	97,95	99,74	97,81	99,18	97,66	102,36
22,41	97,95	99,76	97,81	99,87	97,66	101,08
22,61	97,95	99,77	97,81	100,29	97,68	99,17
22,81	97,95	99,77	97,81	99,86	97,70	97,57
23,01	97,95	99,76	97,81	99,26	97,71	97,02
23,21	97,95	99,77	97,81	99,36	97,70	97,78
23,41	97,94	99,76	97,80	99,97	97,68	99,44
23,61	97,94	99,75	97,80	100,21	97,66	101,21
23,81	97,94	99,75	97,80	99,72	97,65	102,21
24,01	97,94	99,76	97,80	99,25	97,64	101,98
24,21	97,94	99,75	97,80	99,46	97,65	100,65

24,41	97,94	99,74	97,80	100,04	97,67	98,90
24,61	97,94	99,75	97,80	100,14	97,68	97,58
24,81	97,94	99,75	97,80	99,63	97,69	97,30
25,01	97,94	99,75	97,80	99,31	97,68	98,17
25,21	97,94	99,77	97,79	99,62	97,67	99,76
25,41	97,93	99,76	97,79	100,07	97,65	101,29
25,61	97,93	99,75	97,79	100,03	97,64	102,02
25,81	97,93	99,77	97,79	99,54	97,63	101,62
26,01	97,93	99,75	97,79	99,35	97,64	100,29
26,21	97,93	99,74	97,79	99,68	97,66	98,72
26,41	97,93	99,75	97,79	100,06	97,67	97,67
26,61	97,93	99,75	97,79	99,93	97,68	97,60
26,81	97,93	99,74	97,79	99,53	97,67	98,53
27,01	97,93	99,75	97,79	99,44	97,65	100,00
27,21	97,93	99,77	97,79	99,77	97,64	101,30
27,41	97,93	99,77	97,79	100,03	97,63	101,81
27,61	97,93	99,74	97,79	99,86	97,63	101,30
27,81	97,93	99,75	97,79	99,51	97,64	100,04
28,01	97,93	99,77	97,79	99,48	97,65	98,64
28,21	97,93	99,75	97,79	99,80	97,67	97,79
28,41	97,93	99,76	97,78	100,00	97,67	97,86
28,61	97,93	99,76	97,78	99,81	97,66	98,80
28,81	97,93	99,75	97,78	99,52	97,65	100,15
29,01	97,92	99,75	97,78	99,53	97,63	101,26
29,21	97,92	99,75	97,78	99,83	97,62	101,61
29,41	97,92	99,76	97,78	99,99	97,63	101,03
29,61	97,92	99,77	97,78	99,78	97,64	99,82
29,81	97,92	99,76	97,78	99,51	97,65	98,58
30,01	97,92	99,75	97,78	99,54	97,66	97,90
30,21	97,92	99,75	97,78	99,84	97,66	98,08
30,41	97,92	99,75	97,78	99,97	97,65	99,02
30,61	97,92	99,76	97,78	99,75	97,64	100,27
30,81	97,92	99,76	97,78	99,52	97,63	101,23
31,01	97,92	99,76	97,78	99,60	97,62	101,44
31,21	97,92	99,75	97,78	99,87	97,62	100,81
31,41	97,92	99,76	97,78	99,95	97,64	99,66
31,61	97,92	99,76	97,78	99,70	97,65	98,56

31,81	97,92	99,76	97,78	99,51	97,66	98,02
32,01	97,92	99,75	97,78	99,63	97,66	98,29
32,21	97,92	99,73	97,78	99,89	97,65	99,22
32,41	97,92	99,77	97,78	99,94	97,63	100,37
32,61	97,92	99,78	97,78	99,68	97,62	101,19
32,81	97,92	99,76	97,78	99,52	97,62	101,30
33,01	97,92	99,76	97,78	99,65	97,62	100,64
33,21	97,92	99,76	97,78	99,88	97,63	99,55
33,41	97,92	99,76	97,78	99,90	97,65	98,55
33,61	97,92	99,76	97,78	99,68	97,65	98,11
33,81	97,92	99,75	97,78	99,55	97,65	98,43
34,01	97,92	99,76	97,78	99,65	97,64	99,33
34,21	97,92	99,75	97,78	99,85	97,63	100,40
34,41	97,92	99,76	97,78	99,89	97,62	101,13
34,61	97,92	99,76	97,78	99,69	97,62	101,16
34,81	97,92	99,74	97,78	99,57	97,62	100,50
35,01	97,92	99,75	97,78	99,68	97,63	99,48
35,21	97,92	99,76	97,78	99,89	97,64	98,58
35,41	97,92	99,74	97,78	99,85	97,65	98,23
35,61	97,92	99,76	97,78	99,65	97,65	98,58
35,81	97,92	99,75	97,78	99,59	97,64	99,45
36,01	97,92	99,76	97,78	99,73	97,63	100,43
36,21	97,92	99,74	97,78	99,89	97,62	101,05
36,41	97,92	99,76	97,78	99,81	97,62	101,02
36,61	97,92	99,77	97,78	99,62	97,62	100,36
36,81	97,92	99,76	97,78	99,62	97,63	99,40
37,01	97,92	99,75	97,78	99,78	97,64	98,60
37,21	97,92	99,75	97,78	99,88	97,65	98,34
37,41	97,92	99,76	97,78	99,77	97,65	98,71
37,61	97,92	99,76	97,78	99,58	97,64	99,55
37,81	97,92	99,74	97,78	99,61	97,63	100,45
38,01	97,92	99,74	97,78	99,83	97,62	100,99
38,21	97,92	99,76	97,77	99,90	97,62	100,91
38,41	97,92	99,77	97,77	99,75	97,62	100,26
38,61	97,92	99,76	97,77	99,58	97,63	99,35
38,81	97,92	99,75	97,77	99,63	97,64	98,62
39,01	97,92	99,77	97,77	99,83	97,65	98,41

39,21	97,92	99,76	97,77	99,86	97,64	98,80
39,41	97,92	99,76	97,77	99,72	97,64	99,60
39,61	97,92	99,75	97,77	99,60	97,63	100,45
39,81	97,92	99,75	97,77	99,68	97,62	100,93
40,01	97,92	99,75	97,77	99,84	97,62	100,82
40,21	97,92	99,75	97,77	99,85	97,62	100,18
40,41	97,92	99,76	97,77	99,71	97,63	99,34
40,61	97,92	99,75	97,77	99,61	97,64	98,69
40,81	97,92	99,77	97,77	99,72	97,64	98,53
41,01	97,92	99,77	97,77	99,87	97,64	98,92
41,21	97,92	99,75	97,77	99,83	97,64	99,68
41,41	97,92	99,77	97,77	99,65	97,63	100,43
41,61	97,92	99,77	97,77	99,59	97,62	100,83
41,81	97,92	99,76	97,77	99,75	97,62	100,68
42,01	97,92	99,77	97,77	99,91	97,63	100,08
42,21	97,92	99,76	97,77	99,81	97,63	99,30
42,41	97,92	99,75	97,77	99,61	97,64	98,73
42,61	97,92	99,77	97,77	99,60	97,64	98,63
42,81	97,92	99,76	97,77	99,79	97,64	99,04
43,01	97,92	99,75	97,77	99,89	97,63	99,76
43,21	97,92	99,76	97,77	99,75	97,63	100,45
43,41	97,92	99,76	97,77	99,60	97,62	100,77
43,61	97,92	99,76	97,77	99,63	97,62	100,58
43,81	97,92	99,77	97,77	99,78	97,63	99,98
44,01	97,92	99,76	97,77	99,89	97,63	99,25
44,21	97,92	99,76	97,77	99,77	97,64	98,76
44,41	97,92	99,76	97,77	99,61	97,64	98,74
44,61	97,92	99,75	97,77	99,65	97,64	99,17
44,81	97,92	99,75	97,77	99,81	97,63	99,86
45,01	97,92	99,74	97,77	99,87	97,63	100,46
45,21	97,92	99,75	97,77	99,74	97,62	100,70
45,41	97,92	99,76	97,77	99,61	97,62	100,45
45,61	97,92	99,75	97,77	99,67	97,63	99,85
45,81	97,92	99,76	97,77	99,84	97,63	99,20
46,01	97,92	99,77	97,77	99,87	97,64	98,79
46,21	97,92	99,75	97,77	99,70	97,64	98,84
46,41	97,92	99,76	97,77	99,59	97,64	99,30

46,61	97,92	99,76	97,77	99,68	97,63	99,96
46,81	97,92	99,74	97,77	99,87	97,62	100,48
47,01	97,92	99,75	97,77	99,85	97,62	100,63
47,21	97,92	99,77	97,77	99,65	97,62	100,33
47,41	97,92	99,74	97,77	99,58	97,63	99,74
47,61	97,92	99,76	97,77	99,74	97,64	99,14
47,81	97,92	99,75	97,77	99,90	97,64	98,83
48,01	97,92	99,74	97,77	99,83	97,64	98,95
48,21	97,92	99,74	97,77	99,61	97,64	99,43
48,41	97,92	99,74	97,77	99,57	97,63	100,05
48,61	97,92	99,75	97,77	99,76	97,62	100,49
48,81	97,92	99,74	97,77	99,91	97,62	100,55
49,01	97,92	99,76	97,77	99,79	97,62	100,20
49,21	97,92	99,76	97,77	99,58	97,63	99,63
49,41	97,92	99,76	97,77	99,61	97,64	99,10
49,61	97,92	99,74	97,77	99,81	97,64	98,87
49,81	97,92	99,75	97,77	99,90	97,64	99,04
50,01	97,92	99,75	97,77	99,75	97,64	99,54
50,21	97,92	99,76	97,77	99,58	97,63	100,11
50,41	97,92	99,77	97,77	99,61	97,62	100,48
50,61	97,92	99,75	97,77	99,80	97,62	100,48
50,81	97,92	99,74	97,77	99,91	97,63	100,11
51,01	97,92	99,77	97,77	99,77	97,63	99,56
51,21	97,92	99,77	97,77	99,59	97,64	99,09
51,41	97,92	99,74	97,77	99,64	97,64	98,92
51,61	97,92	99,76	97,77	99,84	97,64	99,13
51,81	97,92	99,77	97,77	99,88	97,63	99,62
52,01	97,92	99,74	97,77	99,72	97,63	100,15
52,21	97,92	99,73	97,77	99,58	97,62	100,47
52,41	97,92	99,78	97,77	99,68	97,62	100,42
52,61	97,92	99,77	97,77	99,85	97,63	100,04
52,81	97,92	99,74	97,77	99,85	97,63	99,50
53,01	97,92	99,76	97,77	99,68	97,64	99,07
53,21	97,92	99,75	97,77	99,60	97,64	98,95
53,41	97,92	99,75	97,77	99,74	97,64	99,18
53,61	97,92	99,76	97,77	99,87	97,63	99,67
53,81	97,92	99,76	97,77	99,82	97,63	100,17

54,01	97,92	99,74	97,77	99,65	97,62	100,45
54,21	97,92	99,77	97,77	99,60	97,62	100,37
54,41	97,92	99,78	97,77	99,75	97,63	99,98
54,61	97,92	99,74	97,77	99,88	97,63	99,47
54,81	97,92	99,76	97,77	99,81	97,64	99,09
55,01	97,92	99,77	97,77	99,64	97,64	99,01
55,21	97,92	99,75	97,77	99,59	97,64	99,26
55,41	97,92	99,75	97,77	99,77	97,63	99,74
55,61	97,92	99,75	97,77	99,86	97,63	100,20
55,81	97,92	99,75	97,77	99,79	97,62	100,42
56,01	97,92	99,75	97,77	99,64	97,62	100,30
56,21	97,92	99,76	97,77	99,64	97,63	99,91
56,41	97,92	99,76	97,77	99,78	97,63	99,42
56,61	97,92	99,76	97,77	99,87	97,64	99,08
56,81	97,92	99,76	97,77	99,77	97,64	99,05
57,01	97,92	99,76	97,77	99,61	97,64	99,34
57,21	97,92	99,75	97,77	99,65	97,63	99,81
57,41	97,92	99,75	97,77	99,82	97,63	100,22
57,61	97,92	99,75	97,77	99,87	97,62	100,40
57,81	97,92	99,77	97,77	99,73	97,63	100,24
58,01	97,92	99,75	97,77	99,58	97,63	99,83
58,21	97,92	99,76	97,77	99,66	97,63	99,38
58,41	97,92	99,76	97,77	99,85	97,64	99,09
58,61	97,92	99,78	97,77	99,87	97,64	99,10
58,81	97,92	99,76	97,77	99,69	97,64	99,40
59,01	97,92	99,75	97,77	99,54	97,63	99,85
59,21	97,92	99,76	97,77	99,70	97,63	100,22
59,41	97,92	99,76	97,77	99,91	97,63	100,35
59,61	97,92	99,77	97,77	99,86	97,63	100,17
59,81	97,92	99,74	97,77	99,65	97,63	99,78
60,00	97,92	99,76	97,77	99,58	97,63	99,39

Tabel 8. Data Tegangan dan Frekuensi per Satuan Waktu Sim 7

Time	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3	
	% Hz	% V	% Hz	% V	% Hz	% V
0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0,20	100,00	100,01	100,00	100,01	100,00	100,01
0,40	100,00	100,02	100,00	100,02	100,00	100,02

0,60	100,00	100,02	100,00	100,02	100,00	100,02
0,80	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,00	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,20	100,00	100,05	100,00	100,05	100,00	100,05
1,40	100,00	100,05	100,00	100,05	100,00	100,05
1,60	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
1,80	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
2,00	100,00	100,04	100,00	100,04	100,00	100,04
2,01	100,00	99,91	100,00	99,87	100,00	99,81
2,21	99,94	98,63	99,94	98,43	99,93	98,18
2,41	99,89	98,40	99,88	98,25	99,87	98,17
2,61	99,84	98,44	99,82	98,25	99,80	97,99
2,81	99,79	98,62	99,77	98,47	99,74	98,34
3,01	99,74	98,82	99,71	98,68	99,69	98,63
3,21	99,69	99,04	99,66	98,95	99,63	98,74
3,41	99,65	99,24	99,62	99,17	99,58	99,20
3,61	99,61	99,42	99,57	99,35	99,53	99,27
3,81	99,57	99,55	99,53	99,49	99,49	99,43
4,01	99,53	99,60	99,49	99,58	99,44	99,60
4,21	99,50	99,68	99,45	99,64	99,40	99,57
4,41	99,46	99,68	99,41	99,65	99,35	99,68
4,61	99,43	99,70	99,37	99,67	99,31	99,60
4,81	99,40	99,72	99,34	99,67	99,28	99,63
5,01	99,36	99,70	99,30	99,67	99,24	99,64
5,21	99,33	99,71	99,27	99,66	99,20	99,63
5,41	99,31	99,74	99,24	99,71	99,17	99,67
5,61	99,28	99,75	99,21	99,71	99,13	99,67
5,81	99,25	99,77	99,18	99,75	99,10	99,74
6,01	99,23	99,79	99,15	99,77	99,07	99,73
6,21	99,20	99,81	99,12	99,79	99,04	99,78
6,41	99,18	99,84	99,10	99,81	99,01	99,81
6,61	99,15	99,83	99,07	99,82	98,99	99,80
6,81	99,13	99,85	99,05	99,82	98,96	99,80
7,01	99,11	99,84	99,02	99,82	98,94	99,79
7,21	99,09	99,82	99,00	99,81	98,91	99,78
7,41	99,07	99,82	98,98	99,80	98,89	99,79
7,61	99,05	99,82	98,96	99,80	98,87	99,77

7,81	99,04	99,83	98,94	99,80	98,84	99,75
8,01	99,02	99,82	98,92	99,78	98,82	99,78
8,21	99,00	99,83	98,90	99,81	98,80	99,77
8,41	98,99	99,83	98,89	99,82	98,78	99,79
8,61	98,97	99,83	98,87	99,82	98,77	99,81
8,81	98,96	99,85	98,85	99,82	98,75	99,82
9,01	98,94	99,84	98,84	99,82	98,73	99,81
9,21	98,93	99,84	98,82	99,83	98,72	99,81
9,41	98,92	99,84	98,81	99,84	98,70	99,82
9,61	98,90	99,85	98,79	99,83	98,68	99,77
9,81	98,89	99,85	98,78	99,82	98,67	99,81
10,01	98,88	99,84	98,77	99,82	98,66	99,78
10,21	98,87	99,85	98,76	99,83	98,64	99,79
10,41	98,86	99,84	98,74	99,82	98,63	99,81
10,61	98,85	99,83	98,73	99,82	98,62	99,79
10,81	98,84	99,85	98,72	99,82	98,61	99,80
11,01	98,83	99,85	98,71	99,83	98,59	99,81
11,21	98,82	99,84	98,70	99,83	98,58	99,78
11,41	98,81	99,85	98,69	99,84	98,57	99,83
11,61	98,80	99,85	98,68	99,83	98,56	99,82
11,81	98,79	99,86	98,67	99,83	98,55	99,80
12,01	98,79	99,85	98,67	99,82	98,54	99,81
12,21	98,78	99,85	98,66	99,82	98,54	99,81
12,41	98,77	99,85	98,65	99,82	98,53	99,80
12,61	98,77	99,84	98,64	99,83	98,52	99,81
12,81	98,76	99,84	98,63	99,83	98,51	99,79
13,01	98,75	99,84	98,63	99,83	98,50	99,80
13,21	98,75	99,86	98,62	99,83	98,50	99,81
13,41	98,74	99,83	98,61	99,82	98,49	99,82
13,61	98,73	99,84	98,61	99,83	98,48	99,82
13,81	98,73	99,86	98,60	99,83	98,48	99,81
14,01	98,72	99,86	98,60	99,83	98,47	99,81
14,21	98,72	99,85	98,59	99,83	98,46	99,79
14,41	98,71	99,86	98,59	99,82	98,46	99,80
14,61	98,71	99,86	98,58	99,83	98,45	99,81
14,81	98,71	99,85	98,58	99,83	98,45	99,81
15,01	98,70	99,84	98,57	99,81	98,44	99,81

15,21	98,70	99,85	98,57	99,84	98,44	99,79
15,41	98,69	99,85	98,56	99,83	98,43	99,82
15,61	98,69	99,84	98,56	99,84	98,43	99,81
15,81	98,69	99,85	98,55	99,82	98,42	99,80
16,01	98,68	99,84	98,55	99,82	98,42	99,83
16,21	98,68	99,84	98,55	99,83	98,41	99,79
16,41	98,68	99,85	98,54	99,84	98,41	99,81
16,61	98,67	99,85	98,54	99,83	98,41	99,80
16,81	98,67	99,84	98,54	99,83	98,40	99,82
17,01	98,67	99,85	98,53	99,83	98,40	99,83
17,21	98,66	99,85	98,53	99,84	98,40	99,81
17,41	98,66	99,85	98,53	99,83	98,39	99,81
17,61	98,66	99,85	98,52	99,82	98,39	99,82
17,81	98,66	99,86	98,52	99,84	98,39	99,80
18,01	98,65	99,86	98,52	99,83	98,39	99,82
18,21	98,65	99,86	98,52	99,83	98,38	99,80
18,41	98,65	99,84	98,51	99,83	98,38	99,81
18,61	98,65	99,85	98,51	99,82	98,38	99,82
18,81	98,65	99,85	98,51	99,83	98,37	99,81
19,01	98,64	99,85	98,51	99,82	98,37	99,83
19,21	98,64	99,85	98,51	99,83	98,37	99,80
19,41	98,64	99,84	98,50	99,83	98,37	99,79
19,61	98,64	99,85	98,50	99,83	98,37	99,83
19,81	98,64	99,84	98,50	99,84	98,36	99,80
20,01	98,64	99,84	98,50	99,83	98,36	99,81
20,21	98,63	99,85	98,50	99,83	98,36	99,82
20,41	98,63	99,85	98,50	99,83	98,36	99,81
20,61	98,63	99,84	98,49	99,84	98,36	99,81
20,81	98,63	99,84	98,49	99,82	98,36	99,81
21,01	98,63	99,85	98,49	99,84	98,35	99,81
21,21	98,63	99,84	98,49	99,81	98,35	99,81
21,41	98,63	99,84	98,49	99,84	98,35	99,81
21,61	98,62	99,84	98,49	99,83	98,35	99,79
21,81	98,62	99,83	98,49	99,82	98,35	99,80
22,01	98,62	99,85	98,49	99,83	98,35	99,82
22,21	98,62	99,85	98,48	99,82	98,35	99,81
22,41	98,62	99,85	98,48	99,83	98,34	99,82

22,61	98,62	99,86	98,48	99,84	98,34	99,80
22,81	98,62	99,86	98,48	99,84	98,34	99,80
23,01	98,62	99,85	98,48	99,84	98,34	99,81
23,21	98,62	99,84	98,48	99,82	98,34	99,81
23,41	98,62	99,83	98,48	99,84	98,34	99,81
23,61	98,62	99,84	98,48	99,83	98,34	99,80
23,81	98,61	99,85	98,48	99,82	98,34	99,83
24,01	98,61	99,84	98,48	99,82	98,34	99,79
24,21	98,61	99,85	98,47	99,84	98,34	99,82
24,41	98,61	99,84	98,47	99,82	98,34	99,82
24,61	98,61	99,84	98,47	99,83	98,33	99,81
24,81	98,61	99,85	98,47	99,83	98,33	99,81
25,01	98,61	99,85	98,47	99,83	98,33	99,82
25,21	98,61	99,84	98,47	99,82	98,33	99,80
25,41	98,61	99,86	98,47	99,84	98,33	99,82
25,61	98,61	99,85	98,47	99,81	98,33	99,81
25,81	98,61	99,85	98,47	99,84	98,33	99,82
26,01	98,61	99,86	98,47	99,81	98,33	99,80
26,21	98,61	99,85	98,47	99,84	98,33	99,80
26,41	98,61	99,85	98,47	99,81	98,33	99,80
26,61	98,61	99,85	98,47	99,82	98,33	99,81
26,81	98,61	99,85	98,47	99,83	98,33	99,80
27,01	98,61	99,86	98,47	99,82	98,33	99,82
27,21	98,61	99,84	98,47	99,84	98,33	99,79
27,41	98,61	99,86	98,47	99,82	98,33	99,80
27,61	98,61	99,86	98,47	99,83	98,33	99,81
27,81	98,60	99,84	98,47	99,82	98,33	99,79
28,01	98,60	99,84	98,47	99,83	98,33	99,82
28,21	98,60	99,86	98,46	99,83	98,33	99,81
28,41	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,79
28,61	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
28,81	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,81
29,01	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,81
29,21	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,81
29,41	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,80
29,61	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,81
29,81	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,81

30,01	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
30,21	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,81
30,41	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,82
30,61	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,82
30,81	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,78
31,01	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,82
31,21	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,80
31,41	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,81
31,61	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,81
31,81	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,80
32,01	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,81
32,21	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,81
32,41	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
32,61	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,81
32,81	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,80
33,01	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,81
33,21	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,82
33,41	98,60	99,86	98,46	99,82	98,32	99,81
33,61	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,82
33,81	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,81
34,01	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,81
34,21	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,81
34,41	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
34,61	98,60	99,83	98,46	99,81	98,32	99,81
34,81	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
35,01	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,81
35,21	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,81
35,41	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,80
35,61	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,81
35,81	98,60	99,83	98,46	99,82	98,32	99,81
36,01	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
36,21	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,82
36,41	98,60	99,86	98,46	99,82	98,32	99,81
36,61	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
36,81	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,82
37,01	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,81
37,21	98,60	99,83	98,46	99,82	98,32	99,81

37,41	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,80
37,61	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,81
37,81	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,80
38,01	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,82
38,21	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,82
38,41	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,81
38,61	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,81
38,81	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,81
39,01	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,82
39,21	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,79
39,41	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,80
39,61	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,82
39,81	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
40,01	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,83
40,21	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,79
40,41	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,83
40,61	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,81
40,81	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,81
41,01	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,81
41,21	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,81
41,41	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,82
41,61	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,82
41,81	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,80
42,01	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,83
42,21	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,81
42,41	98,60	99,85	98,46	99,81	98,32	99,81
42,61	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,81
42,81	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,80
43,01	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,82
43,21	98,60	99,86	98,46	99,81	98,32	99,81
43,41	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,82
43,61	98,60	99,86	98,46	99,84	98,32	99,80
43,81	98,60	99,83	98,46	99,82	98,32	99,81
44,01	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,79
44,21	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,81
44,41	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,82
44,61	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,81

44,81	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,80
45,01	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,80
45,21	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,81
45,41	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,80
45,61	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,79
45,81	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,82
46,01	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,80
46,21	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,82
46,41	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,80
46,61	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,81
46,81	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,82
47,01	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,81
47,21	98,60	99,83	98,46	99,83	98,32	99,80
47,41	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,82
47,61	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,79
47,81	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,82
48,01	98,60	99,85	98,46	99,81	98,32	99,82
48,21	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,82
48,41	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,80
48,61	98,60	99,86	98,46	99,82	98,32	99,81
48,81	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,79
49,01	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,79
49,21	98,60	99,86	98,46	99,82	98,32	99,84
49,41	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,79
49,61	98,60	99,86	98,46	99,82	98,32	99,82
49,81	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,83
50,01	98,60	99,86	98,46	99,82	98,32	99,78
50,21	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,82
50,41	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,81
50,61	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
50,81	98,60	99,83	98,46	99,82	98,32	99,81
51,01	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,80
51,21	98,60	99,83	98,46	99,83	98,32	99,82
51,41	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,81
51,61	98,60	99,85	98,46	99,81	98,32	99,82
51,81	98,60	99,85	98,46	99,81	98,32	99,81
52,01	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,78

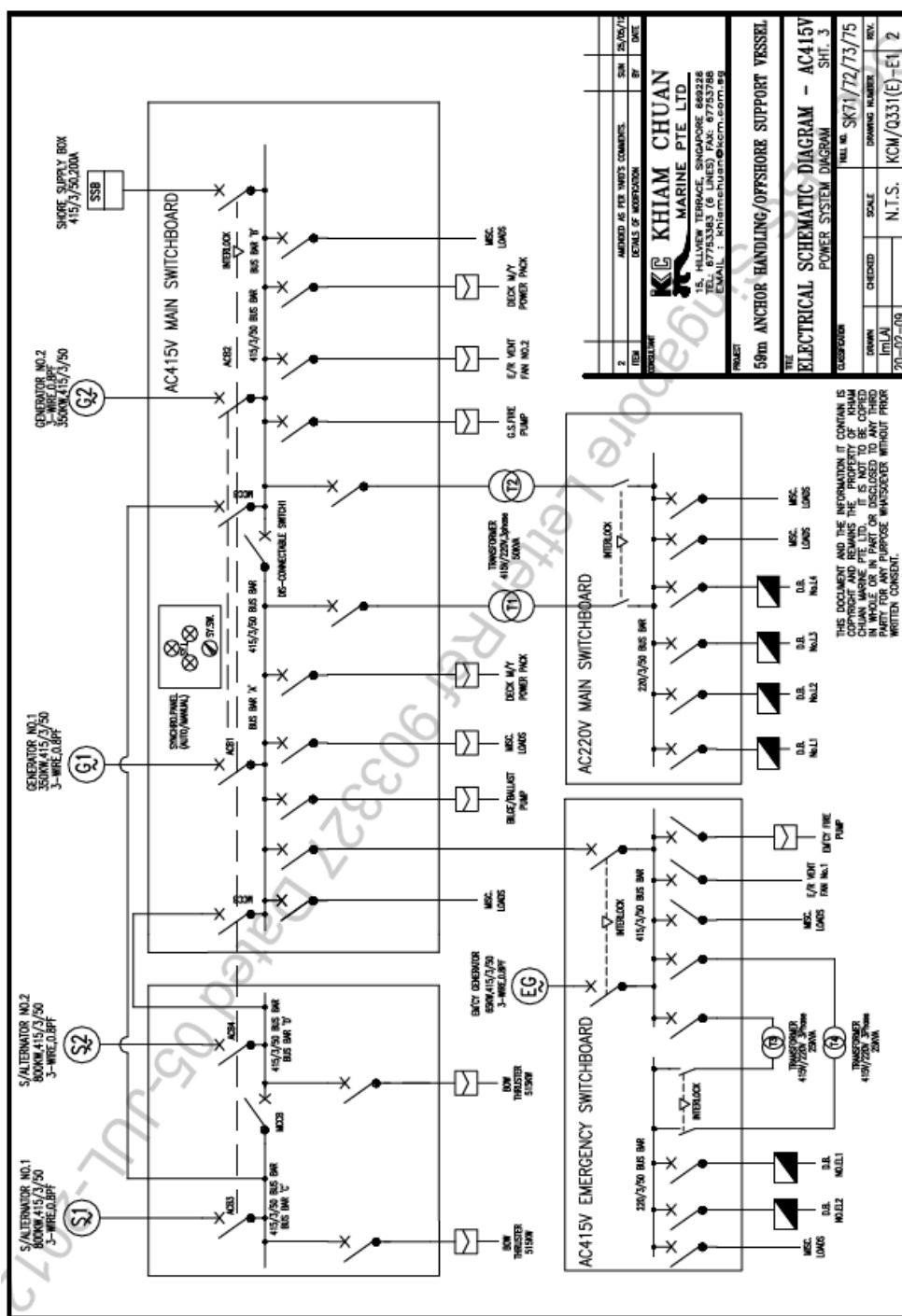
52,21	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,82
52,41	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,79
52,61	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,82
52,81	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,81
53,01	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,80
53,21	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,81
53,41	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,81
53,61	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,79
53,81	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,82
54,01	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,82
54,21	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,80
54,41	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,83
54,61	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,80
54,81	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,80
55,01	98,60	99,86	98,46	99,84	98,32	99,81
55,21	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,78
55,41	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,81
55,61	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,79
55,81	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,80
56,01	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,82
56,21	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,79
56,41	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,83
56,61	98,60	99,84	98,46	99,84	98,32	99,82
56,81	98,60	99,86	98,46	99,82	98,32	99,80
57,01	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,83
57,21	98,60	99,86	98,46	99,82	98,32	99,79
57,41	98,60	99,84	98,46	99,85	98,32	99,81
57,61	98,60	99,85	98,46	99,82	98,32	99,79
57,81	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,82
58,01	98,60	99,86	98,46	99,81	98,32	99,81
58,21	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,80
58,41	98,60	99,85	98,46	99,84	98,32	99,81
58,61	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,79
58,81	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,82
59,01	98,60	99,86	98,46	99,84	98,32	99,81
59,21	98,60	99,84	98,46	99,82	98,32	99,83
59,41	98,60	99,84	98,46	99,83	98,32	99,81

59,61	98,60	99,86	98,46	99,83	98,32	99,80
59,81	98,60	99,85	98,46	99,83	98,32	99,82
60,00	98,60	99,83	98,46	99,83	98,32	99,80

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN B

SINGLE LINE DIAGRAM



Gambar Single Line Diagram Kapal

Project: 59m ANCHOR HANDLING/ OFFSHORE SUPPORT VESSEL					SEA GOING				STAND-B-Y				CARGO LOAD/ DISCH. (HARBOUR)				DP-1 MANOEUVR. /FIFUAHT				HARBOUR RESTING				EMERGENCY			
Ref. SPI	CONSUMER	No. off	Rated in W	L.F.	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)
B201	DISTRIBUTION BOARD No.E1	1	1880	1.0	0.8	1	1504	0.8	1	1504	0.8	1	1504	0.8	1	1504	0.4	1	752	1	1	1880	1	1	1880	1	1	1880
B202	DISTRIBUTION BOARD No.E2	1	3200	1.0	0.8	1	2560	0.3	1	960	0.3	1	960	0.7	1	2240	0.2	1	640	1	1	3200	1	1	3200	1	1	3200
B203	NAVIGATION LIGHT PANEL	1	1440	1.0	0.8	1	1152	0.5	1	720	0.4	1	576	0.6	1	864	0.4	1	576	1	1	1440	1	1	1440	1	1	1440
B204	EMCY OUTSIDE LIGHTS	1	1120	1.0																		1	1	1120				
B205	GMOSS	1	1500	1.0	0.8	1	1200	0.3	1	450	0.3	1	450	0.7	1	1050	0.2	1	300	1	1	1500	1	1	1500	1	1	1500
B206	Miscellaneous Consumes	1	1500	0.8	0.8	1	960	0.4	1	480	0.4	1	480	0.6	1	720	0.3	1	360	0.8	1	960	0.8	1	960	0.8	1	960
B207	24V DC EMCY SWITCHBOARD	1	4300	0.8	0.8	1	2064	0.6	1	2064	0.6	1	2064	0.6	1	2064	0.6	1	2064	0.6	1	2064	0.9	1	3096	0.9	1	3096
LOAD 220V ESS (transferred to 415V ESS)							9440			6175			6034			8442			4692									13196

415/230V TRANSFORMERS AND LOAD IN %	2	25000	VA		1	47%		1	31%		1	30%		1	42%		1	23%		1	66%							
Average Power Factor of Consumers for Calculation of Transformer Load in %: 0.8																												

Project: 59m ANCHOR HANDLING/ OFFSHORE SUPPORT VESSEL					SEA GOING				STAND-BY				CARGO LOAD/ DISCH. (HARBOUR)				DP-1 MANOEUVR. /FIVUHT				HARBOUR RESTING				EMERGENCY			
Ref. SPI	CONSUMER	No. off	Rated in kW	L.F.	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)
	Emergency Transformer (from 220V ESS)		30.00	KVA			9.44			6.18			6.03			6.18			4.69									13.20
B101	Rescue Boat Davit	1	9.00	0.9	0.1	1	0.81	0.1	1	0.81	0.1	1	0.81	0.1	1	0.81	0.1	1	0.81	0.1	1	0.81	1.0	1	8.1	1.0	1	8.1
B102	STARTER FOR STEERING GEAR	2	11.0	0.8	0.8	2	14.1	0.5	2	8.8	0.8	2	14.08	0.8	2	14.08	0.4	2	7.04	1.0	1	8.8	1.0	1	8.8	1.0	1	8.8
B103	Emergency Generator Room Fan	1	1.00	1.0																		1.0	1	1.00				1.00
B104	CO2 ROOM VENT FAN	1	0.04	1.0																		1.0	1	0.04				1.0
B105	Emergency Fire Pump	1	15.0	0.60																		1.0	1	9.00				9.00
B106	ENGINE ROOM VENTILATION FAN 1	1	15.0	0.80	0.8	1	9.6	0.8	1	9.6	0.8	1	9.60	0.8	1	9.60	0.8	1	9.60	0.8	1	9.60	1.0	1	12.00	1.0	1	12.00
B107	No.2 STARTER AIR COMPRESSOR	1	5.5	1.00	0.6	1	3.3	0.6	1	3.3	0.6	1	3.30	0.6	1	3.30	0.6	1	3.30	0.6	1	3.30	1.0	1	5.50	1.0	1	5.50
LOAD 415V ESS (transferred to 415V MSB)							37.25			28.89			33.82			33.97			25.44									57.64

Project: 59m ANCHOR HANDLING/ OFFSHORE SUPPORT VESSEL					SEA GOING			STAND-BY			CARGO LOAD/ DISCH. (HARBOUR)			DP-1 MANOEUVR. /FI/PAHT			HARBOUR RESTING			EMERGENCY		
Ref. SPI	CONSUMER	No. off	Rated in kW	L.F.	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)	D.F.	No. in use	Load (kW)
A201	Engine Room DB L1	1	2.58	0.8	0.8	1	1.7	0.8	1	1.7	0.8	1	1.7	0.8	1	1.7	0.8	1	1.7			
A202	Main Deck DB L2	1	22.00	0.8	0.7	1	12.3	0.7	1	12.3	0.7	1	12.3	0.7	1	12.3	0.7	1	12.3			
A203	Fide Deck DB L3	1	6.70	0.8	0.8	1	4.3	0.8	1	4.3	0.8	1	4.3	0.8	1	4.3	0.8	1	4.3			
A204	Upper Fide Deck DB L4	1	12.70	0.8	0.8	1	8.1	0.8	1	8.1	0.8	1	8.1	0.8	1	8.1	0.8	1	8.1			
A205	WH Deck DB L5	1	3.60	0.8	0.8	1	2.3	0.8	1	2.3	0.8	1	2.3	0.8	1	2.3	0.8	1	2.3			
A206	NAVIGATION LIGHT PANEL	1	1.44	0.8	0.5	1	0.9	0.5	1	0.6	0.4	1	0.6	0.5	1	0.6	0.4	1	0.6			
A207	DISTRIBUTION BOARD No.E1,2	1	3.20	0.8	0.8	1	2.0	0.3	1	0.8	0.3	1	0.8	0.7	1	1.8	0.2	1	0.6			
A208	CONTAINER REEFER	2	6.60	0.8	0.5	1	2.4	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2			
A209	Miscellaneous Consumes	1	1.50	0.8	0.8	1	0.7	0.8	1	1	0.8	1	1	0.8	1	1	0.8	1	1			
LOAD 220V MSB (transferred to 415V MSB)							34.8			33.2			33.8			34.3			30.4			

415/230V TRANSFORMER LOAD IN %	2	50.0	KVA		1	87%		1	83%		1	83%		1	86%		1	76%										
Average Power Factor of Consumers for Calculation of Transformer Load in %: 0.8																												

Project: 59m ANCHOR HANDLING/ OFFSHORE SUPPORT VESSEL					SEA GOING				STAND-BY				CARGO LOAD/ DISCH. (HARBOUR)				DP-1 MANOEUVR. /FIFUAHT				HARBOUR RESTING				EMERGENCY			
Ref. SPI	CONSUMER	No. off	Rated in kW	L.F.	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)
	415/220V Transformer (from 220V MSB)		50.00	kVA			34.8			33.2			33.0			34.3			30.4									
	415V Emergency Switch Board (from 415V ESS)						37.2			28.7			33.8			34.0			25.4									
A101	Reefer Sockets	2	25.00	1.0	0.6	1	15.0	0.6	1	15.0	0.6	1	15.0	0.6	1	15.0												
A102	Bulk Cement Compressor	2	75.00	1.0									0.5	1	37.5													
A103	Bulk Cement Compressor Cooling Pump	2	2.20	1.0									0.5	1	1.10													
A104	Fresh Water Cargo Pump	1	55.00	0.85									0.5	1	23.4													
A105	Ballast/Bilge Pump	2	30.00	0.85	0.1	1	2.6	0.1	1	2.6	0.1	1	2.6	0.1	1	2.6	0.1	1	2.6	0.1	1	2.6						
A106	Fuel Oil Cargo Pump	1	75.00	0.85									0.5	1	31.9													
A107	Mud Pump	2	95.00	0.85									0.5	2	81													
A108	Bow Thruster Cooling Pump	2	0.55	1.00									0.5	2	0.6	0.5	2	0.6										
A109	No.1 STARTER AIR COMPRESSOR	1	5.50	1.00	0.6	1	3.3	0.6	1	3.3	0.6	1	3.3	0.6	1	3.3	0.6	1	3.3	0.6	1	3.3						
A110	POWER PACK FOR KARM FORK TOW PIN	1	20.00	0.8												0.5	1	8.0										
A111	Deck Machinery Hydraulic Power Pack	3	90.00	0.8												0.5	2	72.0										
A112	Deck Machinery Hydraulic Power Pack	2	7.50	0.8												0.5	2	6.0										
A113	ELECTRIC STOVE	1	22.00	1	0.5	2	22	0.5	2	22	0.5	2	22.0	0.5	2	22.0	0.5	2	22	0.5	2	22						
A114	Refrigeration Set	1	11.00	1.0	0.4	1	4.4	0.4	1	4.4	0.4	1	4.4	0.4	1	4.4	0.4	1	4.4	0.3	1	3.3						
A115	Air Condition Plant	1	80.00	0.9	0.8	1	57.6	0.8	1	57.6	0.8	1	57.6	0.8	1	57.6	0.8	1	57.6	0.5	1	36.0						
A116	Air Condition Plant Cooling Pump	1	15.00	0.9	0.8	1	10.8	0.8	1	10.8	0.8	1	10.8	0.8	1	10.8	0.8	1	10.8	0.5	1	6.8						
A117	Fresh Water Maker	1	2.20	0.9	0.8	1	1.6	0.8	1	1.6	0.8	1	1.6	0.8	1	1.6	0.8	1	1.6	0.5	1	1.0						
A118	Miscellaneous Vent Fan	1	20.00	0.9	1.0	1	18.0	1.0	1	18.0	1.0	1	18.0	1.0	1	18.0	1.0	1	18.0	1.0	1	18.0						
A119	S/G Room Vent Fan	1	1.10	0.9	1.0	1	0.99	0.5	1	0.50	0.5	1	0.50	1.0	1	0.99												
A120	Engine Room Fan 2	1	15.00	0.9	0.8	1	10.8	0.8	1	10.8	0.8	1	10.8	0.8	1	10.8	0.8	1	10.8	0.8	1	10.8						
A121	Bow Thruster Compst.Vent Fan	1	1.50	0.9	1.0	2	2.7	1.0	2	2.70	1.0	2	2.7	1.0	2	2.70	1.0	2	2.70	1.0	2	2.7						
A122	Fresh Water Pressure Pump	1	1.10	0.6	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7						
A123	Sea Water Pressure Pump	2	1.10	0.9	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7	0.7	1	0.7						
A124	Sewage Treatment System	1	3.80	0.9	0.7	1	2.39	0.7	1	2.39	0.7	1	2.39	0.7	1	2.39	0.7	1	2.39	0.7	1	2.39						
A125	Fuel Oil Transfer Pump	1	2.20	0.9	0.2	2	0.6	0.2	2	0.6	0.2	2	0.6	0.2	2	0.6	0.2	2	0.6									
A126	Oil/Bilge Water Separator	1	2.20	0.9	0.6	1	1.2	0.6	1	1.2	0.6	1	1.2	0.6	1	1.2	0.6	1	1.2	0.4	1	0.8						
A127	Dirty Oil/Sudge Pump	1	1.50	0.9	0.4	1	0.5	0.4	1	0.5	0.4	1	0.5	0.4	1	0.5	0.4	1	0.5	0.4	1	0.5						
A128	General Service & Fire Pump	1	30.00	0.9	0.1	2	2.7	0.1	2	2.7	0.1	2	2.7	0.1	2	2.7	0.1	2	2.7	0.1	2	2.7						

Project: 59m ANCHOR HANDLING/ OFFSHORE SUPPORT VESSEL					SEA GOING				STAND-BY				CARGO LOAD/ DISCH. (HARBOUR)				DP-1 MANOEUVR. /FIFI/AHT				HARBOUR RESTING				EMERGENCY			
Ref. SY	CONSUMER	No. off	Rated in kW	L.F.	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)	D.F.	No. in use	Load (KW)			
A129	Central Water Heater	1	30.00	0.80	0.40	1	9.6	0.4	1	9.6	0.4	1	9.6	0.4	1	9.6	0.4	1	9.6	0.4	1	9.6						
A130	FIFI System	1	1.00	1.0			0.0			0.0			0.0	0.5	1	0.5			0.0									
A131	Air-Condition for ECR	1	3.40	1.0	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7						
A132	Air-Condition for W/H	1	3.40	1.0	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7	0.8	1	2.7						
A133	F.O. Purifier	1	5.50	0.9	0.6	1	2.97	0.6	1	2.97	0.6	1	2.97	0.6	1	2.97	0.6	1	2.97	0.6	1	2.97						
A134	Drill Water Pump	1	45.00	0.9							0.5	1	20.3															
A135	Deck Crane	1	22.00	0.9										0.4	1	7.9												
A136	B.A. Recharging Compressor	1	5.00	0.9	0.1	1	0.5	0.1	1	0.5	0.1	1	0.5	0.1	1	0.5	0.1	1	0.5	0.1	1	0.5						
A137	Welding Equipment	1	12.00	0.9	0.1	1	1.1	0.1	1	1.1	0.1	1	1.1	0.1	1	1.1	0.1	1	1.1	0.1	1	1.1						
A138	CPP HYDRAULIC UNIT	2	5.50	0.9	0.6	2	5.9	0.5	2	5.0	0.6	2	5.9	0.6	2	5.9	0.4	2	4.0									
	Bow Thruster	2	515.00	1.0							1.0	2	1030.0	1.0	2	1030.0												
LOAD 415V S/ALTERNATORS													1030.0			1030.0												
LOAD 415V MSB							256			244			446			347			194									
Project: 59m MULTI-PURPOSE OFFSHORE SUPPLY/ ANCHOR HANDLING VESSEL					SEA GOING				STAND-BY				CARGO LOAD/ DISCH. (HARBOUR)				DP-1 MANOEUVR. /FIFI/AHT				HARBOUR RESTING				EMERGENCY			
LOAD 415V MSB					256				244				446				347				194							
LOAD 415V S/ALTERNATORS													1030.0				1030.0											
LOAD 415V ESB (emergency operation)																									57.64			
DIESEL GENERATOR SETS WORKING AND LOAD IN %																												
SHAFT GENERATORS		2	800.00			1	32%		1	31%		2	64%		2	64%												
DIESEL GENERATORS		2	350.00			1	73%		1	70%		2	64%		2	50%		1	55%									
EMERGENCY GENERATOR		1	65.00																		1	89%						

Gambar Load Analysis Sistem Kelistrikan Kapal

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Rifqi Alfarisi Ramli, dilahirkan di Padang, Sumatera Barat pada tanggal 11 November 1996. Penulis adalah putra pertama dari pasangan Bapak Jefrianto dan Ibu Hendriati. Penulis menempuh jenjang Pendidikan formal di SD Pertiwi 3 Padang, SMP Negeri 1 Padang, dilanjutkan dengan SMA Negeri 1 Padang. Setelah menamatkan Pendidikan di SMA pada tahun 2014, penulis melanjutkan Pendidikan Program S1 di Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menempuh Pendidikan di ITS, penulis aktif dalam kegiatan mahasiswa di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistsm Perkapalan sebagai staf Hubungan Luar pada periode 2015/2016. Penulis juga aktif berkegiatan di Unit Kegiatan Mahasiswa Flag

Football ITS dan sukses memberikan gelar Juara Nasional Flag Football tingkat perguruan tinggi pada tahun 2015 dan 2016. Penulis juga tergabung di ITS Marine Solar Boat Team pada tahun 2016-2017. Selain itu penulis juga aktif sebagai grader laboratorium Marine Electrician and Automation System. Penulis dapat dihubungi melalui email rifqialfarisiramli@gmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan